

CREDIBILIDADE E REPUTAÇÃO EM AGENTES INTELIGENTES

Aplicação ao comércio electrónico

Rúben Martins Moreira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática

Área de Especialização em
Tecnologias do Conhecimento e Decisão

Orientador: Doutora Maria Goreti Carvalho Marreiros

Co-orientador: Doutor Carlos Fernando da Silva Ramos

Júri:

Presidente:

Doutora Maria de Fátima Coutinho Rodrigues, Professora Coordenadora, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de Engenharia Informática

Vogais:

Doutor Paulo Jorge Novais, Professor Auxiliar, Universidade do Minho, Departamento de Informática

Doutora Maria Goreti Carvalho Marreiros, Professora Adjunta, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de Engenharia Informática

Doutor Carlos Fernando da Silva Ramos, Professor Coordenador com Agregação, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de Engenharia Informática

Porto, Novembro de 2010

Para os meus Pais,
Para a minha Esposa
E o meu Anjinho que já partiu.

Agradecimentos

Gostava de começar por agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Maria Goreti Marreiros, não só pela orientação científica mas principalmente pelo incentivo, encorajamento e motivação, com que sempre pautou o seu discurso, da mesma forma desejava agradecer ao meu co-orientador Professor Doutor Carlos Ramos pelas sugestões úteis e pela orientação científica.

Ao Instituto de Engenharia e Computadores do Porto (INESC Porto) pelas facilidades disponibilizadas para a realização deste trabalho. Em especial gostava de agradecer à Anabela, Lília, Ricardo Henriques, José Carlos e ao Paulo Melo que sempre me incentivaram e animaram nas alturas mais difíceis.

Aos meus colegas de curso, em especial ao Tiago, ao Ivo, à Diana, ao Vítor, ao Paulo, ao Bruno e ao Costa, por todo o apoio, sugestões, ajuda, companheirismo, apoio, amizade e bons momentos proporcionados.

A todos os docentes que, não só ao longo destes dois anos como também desde o início deste meu percurso académico, contribuíram para o evoluir dos meus conhecimentos e da minha formação enquanto pessoa. De todos estes docentes queria deixar uma palavra especial para a Professora Doutora Fátima Rodrigues pelos valores que me transmitiu, não só pelas aulas dadas mas principalmente pela orientação realizada aquando da realização do projecto de obtenção do Grau de Bacharel. À Professora Doutora Goreti Marreiros por toda a amizade e simpatia demonstrada mesmo antes da orientação prestada na realização deste trabalho. Ao Professor Doutor Carlos Ramos pela introdução ao mundo da Inteligência Artificial e Tecnologias de Apoio à Decisão, mas principalmente pelo demonstrar da verdadeira essência que é ser Engenheiro. E ao Professor Doutor António Silva por todo o empenho e gosto demonstrado na transmissão dos seus conhecimentos, principalmente no ensino da tecnologia associada aos Agentes Inteligentes.

A todos os meus Amigos que vêm a demonstrar durante estes anos ser fontes inesgotáveis de apoio e compreensão.

Ao Grupo de Jovens Nova Estrela pelo apoio espiritual, períodos de descontração e apoio prestado.

Por fim, gostava de agradecer aos meus Pais pelo apoio fraterno e económico dado ao longo de todos estes anos e à Sofia, minha esposa, principal afectada por todos os fins-de-semana, feriados e fins de tarde de “reclusão” e apoio psicológico prestados.

A todos os que referi, e aos que possa não ter referido, o meu mais sincero Obrigado!

Resumo

Desde o seu aparecimento, a Internet teve um desenvolvimento e uma taxa de crescimento quase exponencial. Os mercados de comércio electrónico têm vindo a acompanhar esta tendência de crescimento, tornando-se cada vez mais comuns e populares entre comerciantes ou compradores/vendedores de ocasião. A par deste crescimento também foi aumentando a complexidade e sofisticação dos sistemas responsáveis por promover os diferentes mercados. No seguimento desta evolução surgiram os Agentes Inteligentes devido à sua capacidade de encontrar e escolher, de uma forma relativamente eficiente, o melhor negócio, tendo por base as propostas e restrições existentes.

Desde a primeira aplicação dos Agentes Inteligentes aos mercados de comércio electrónico que os investigadores desta área, têm tentado sempre auto-superar-se arranjando modelos de Agentes Inteligentes melhores e mais eficientes. Uma das técnicas usadas, para a tentativa de obtenção deste objectivo, é a transferência dos comportamentos Humanos, no que toca a negociação e decisão, para estes mesmos Agentes Inteligentes.

O objectivo desta dissertação é averiguar se os Modelos de Avaliação de Credibilidade e Reputação são uma adição útil ao processo de negociação dos Agente Inteligentes. O objectivo geral dos modelos deste tipo é minimizar as situações de fraude ou incumprimento sistemático dos acordos realizados aquando do processo de negociação.

Neste contexto, foi proposto um Modelo de Avaliação de Credibilidade e Reputação aplicável aos mercados de comércio electrónico actuais e que consigam dar uma resposta adequada o seu elevado nível de exigência. Além deste modelo proposto também foi desenvolvido um simulador Multi-Agente com a capacidade de simular vários cenários e permitir, desta forma, comprovar a aplicabilidade do modelo proposto.

Por último, foram realizadas várias experiências sobre o simulador desenvolvido, de forma a ser possível retirar algumas conclusões para o presente trabalho. Sendo a conclusão mais importante a verificação/validação de que a utilização de mecanismos de credibilidade e reputação são uma mais-valia para os mercado de comércio electrónico.

Palavras-chave: Sistemas Multi-Agente, Mercados de Comércio Electrónico, Agentes Inteligentes, Modelos de Avaliação de Credibilidade e Reputação

Abstract

Since its emergence, the Internet has had a development and a growth rate almost exponentially. The markets for electronic commerce have been accompanying almost side-by-side this growth trend, becoming increasingly common and popular among traders and occasional buyers/sellers. With this growth, also the complexity and sophistication of the systems has increased. On the following of these developments came the Intelligent Agents due to their ability to find and choose with a relatively efficient form, the best deal, based on the goal objective and existing restrictions.

Since the first application of Intelligent Agents for e-commerce markets that researchers in this area are always trying to overcome themselves by developing better and more efficient Intelligent Agents models. One of the techniques used to attempt to achieve this objective, is the transfer of human behavior, when it comes to negotiating and decision, for these Intelligent Agents.

The objective of this dissertation is to evaluate if the Evaluation Models of Trust and Reputation are a useful addition to the negotiation process. The main objective of this type of models is to try to minimize the occurrences of frauds or systematic failure to comply with the agreements reached during the negotiation process.

In this context, a Model to Assess Credibility and Reputation applicable to the current e-commerce markets was proposed, which should be capable of responding adequately to these markets known for being highly demanding. Other than this model, a Multi-Agent Simulator capable of simulating several scenarios was also developed, thus making it possible to confirm the applicability of the proposed model.

Lastly, several experiments were carried out on the developed simulator so that it is possible to draw some conclusions for this work. The most important conclusion is the verification/validation that credibility and reputation mechanisms are an asset to e-commerce markets.

Keywords: Multi-Agent Systems, Markets in Electronic Commerce, Intelligent Agents, Models for the Evaluation of Credibility and Reputation

Índice

Agradecimentos	i
Resumo.....	iii
Abstract.....	v
Índice	vii
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas.....	xv
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Motivação.....	2
1.3. Principais objectivos e descrição sumária do trabalho efectuado	3
1.4. Estrutura do Documento	3
2. Agentes.....	5
2.1. Introdução	5
2.2. Capacidades dos Agentes.....	8
2.3. Aplicação de agentes	10
2.3.1. Funcionalidades	11
2.3.2. Áreas de aplicação.....	12
2.4. Conclusão	14
3. Comércio Electrónico	17
3.1. Introdução	17
3.2. Definição do conceito: Comercio Electrónico	19
3.3. Ciclo de vida de um negócio	21
3.3.1. Informação	22
3.3.2. Negociação	23
3.3.3. Resolução	23

3.4.	Negociação em Mercados electrónicos	24
3.4.1.	Caracterização da negociação	24
3.4.2.	Parâmetros de uma negociação	25
3.5.	Mecanismos de negociação	27
3.5.1.	Leilão	27
3.5.2.	Teoria de jogos	29
3.5.3.	Redes de contrato	29
3.5.4.	Aproximações Heurísticas.....	30
3.5.5.	Argumentação.....	31
3.6.	Sistemas de Comércio Electrónico.....	32
3.6.1.	AuctionBot.....	33
3.6.2.	Kasbah.....	34
3.6.3.	MAGMA	35
3.6.4.	Tête-à-Tête	35
3.6.5.	ISEM	36
3.6.6.	Análise Comparativa	37
3.7.	Conclusão	37
4.	Credibilidade e Reputação em Agentes	41
4.1.	Introdução	41
4.2.	Conceito de Credibilidade	41
4.2.1.	Credibilidade baseada na aprendizagem e evolução	45
4.2.2.	Modelos sócio-cognitivos de credibilidade.....	48
4.2.3.	Mecanismos de segurança	49
4.3.	Conceito de Reputação.....	51
4.3.1.	Sporas	51
4.3.2.	Histos.....	52
4.3.3.	Regret.....	53
4.4.	Análise comparativa das ferramentas analisadas.....	56
4.5.	Conclusão	58

5.	Modelo Proposto	61
5.1.	Introdução	61
5.2.	Arquitectura do sistema.....	61
5.2.1.	Agentes presentes no sistema	62
5.2.2.	Descrição formal	63
5.2.3.	Agente Mercado.....	65
5.2.4.	Agentes Vendedor e Comprador	66
5.2.5.	Agente Controlador	71
5.3.	Modelo de avaliação de credibilidade e reputação proposto	71
5.4.	Conclusão	76
6.	Implementação e Avaliação	79
6.1.	Introdução	79
6.2.	Características	80
6.3.	Implementação.....	80
6.3.1.	Plataformas de Desenvolvimento de Agentes	80
6.3.2.	Linguagem de Interacção entre Agentes	85
6.3.3.	Tecnologias usadas	86
6.3.4.	Arquitectura do simulador desenvolvido	87
6.3.5.	Interacção entre os Agentes.....	88
6.4.	Agentes presentes no Simulador.....	89
6.4.1.	Agente Mercado.....	90
6.4.2.	Agente Controlador	92
6.4.3.	Agente Relógio.....	93
6.4.4.	Agente Comprador	94
6.4.5.	Agente Vendedor	98
6.5.	Simulador.....	100
6.6.	Caso de estudo	105
6.6.1.	Definição dos Casos de Estudo e Análise de Resultados	106
6.6.2.	Simulação do Modelo Proposto.....	107

6.7. Conclusões	119
7. Conclusões	121
7.1. Resumo.....	121
7.2. Objectivos Alcançados	123
7.3. Limitações e Trabalho Futuro.....	124
7.4. Considerações Finais.....	125
Referências	127
Referências URL.....	141

Lista de Figuras

Figura 1 – Informação “tipo”, disponibilizada pelo <i>AuctionBot</i>	33
Figura 2 – Interface de inscrição do <i>Kasbah</i>	34
Figura 3 – Exemplo de sugestão, tendo em conta os parâmetros definidos	36
Figura 4 – Modelo de avaliação da construção de uma rede de confiança.....	53
Figura 5 – Exemplo da estrutura ontológica	56
Figura 6 – Arquitectura do Sistema Multi-Agente.....	62
Figura 7 – Exemplo de definição do Bem “Computador portátil”	64
Figura 8 – Estrutura do Agente Mercado	66
Figura 9 – Estrutura Tipo dos Agentes Vendedores e Compradores	67
Figura 10 – Algoritmo da Média da Avaliação pública	73
Figura 11 – Algoritmo da Credibilidade dos Vizinhos.....	73
Figura 12 – Algoritmo da Credibilidade das Testemunhas.....	74
Figura 13 – Algoritmo de Actualização dos Valores de Credibilidade	75
Figura 14 – Modelo de Avaliação de Credibilidade e Reputação.....	75
Figura 15 – Esquema de comunicação OAA	82
Figura 16 – Esquema de comunicação AMR.....	83
Figura 17 – Diagrama de <i>Casos de Uso</i> do Agente Mercado	91
Figura 18 – Fase inicial de Registo no mercado	91
Figura 19 – Início do processo de negociação.....	92
Figura 20 – Diagrama de <i>Casos de Uso</i> do Agente Controlador	93
Figura 21 – Diagrama de <i>Casos de Uso</i> do Agente Relógio.....	94
Figura 22 – Diagrama de <i>Casos de Uso</i> do Agente Comprador	95
Figura 23 – Gráfico representativo do estereótipo <i>ansioso</i>	96
Figura 24 – Gráfico representativo do estereótipo <i>calmo</i>	97
Figura 25 – Gráfico representativo do estereótipo <i>poupado</i>	97
Figura 26 – Gráfico representativo do estereótipo <i>gastador</i>	98
Figura 27 – Gráfico representativo do estereótipo <i>neutro</i>	98
Figura 28 – Diagrama de <i>Casos de Uso</i> do Agente Vendedor	100
Figura 29 – Ecrã principal do Simulador	101
Figura 30 – Ecrã de configuração de Produtos.....	102
Figura 31 – Ecrã de visualização de logs	102
Figura 32 – Ecrã de configuração dos Agentes Compradores.....	103
Figura 33 – Ecrã de configuração dos Agentes Vendedores	104
Figura 34 – Gráfico <i>Fuzzy</i> relativo à decisão final do processo de negociação	104

Figura 35 – Gráfico <i>Fuzzy</i> relativo ao modelo proposto.....	105
Figura 36 – Gráfico da Credibilidade e Reputação do Caso 1	109
Figura 37 – Gráfico da Credibilidade e Reputação do Caso 2	111
Figura 38 – Gráfico da Credibilidade e Reputação do Caso 3	113
Figura 39 – Gráfico da Credibilidade e Reputação do Caso 4	116
Figura 40 – Gráfico da Credibilidade e Reputação do Caso 5	118

Lista de Tabelas

Tabela 1- “ <i>Market Share</i> ” disponibilizado pela empresa Forrester.....	18
Tabela 2 – Ciclo de Vida de um Negócio.....	21
Tabela 3 – Tabela de comparação dos sistemas analisados.....	58
Tabela 4 – Configuração do Mercado para os Casos de Estudo	107
Tabela 5 – Configuração dos Agentes Compradores	108
Tabela 6 – Configuração dos Agentes Vendedores Caso 1	109
Tabela 7 – Avaliação pública do Caso 1.....	110
Tabela 8 – Configuração dos Agentes Vendedores Caso 2	111
Tabela 9 – Avaliação pública do Caso 2.....	112
Tabela 10 – Configuração dos Agentes Vendedores Caso 3	113
Tabela 11 – Avaliação pública do Caso 3.....	115
Tabela 12 – Configuração dos Agentes Vendedores Caso 4	115
Tabela 13 – Avaliação pública do Caso 4.....	117
Tabela 14 – Configuração dos Agentes Vendedores Caso 5	117
Tabela 15 – Avaliação pública do Caso 5.....	119

Lista de Abreviaturas

ACL - *“Agent Communication Language”*

Agt - Agente

AgtV - Agente Vendedor

AgtC - Agente Comprador

AMR - *“Agent Message Router”*

API - *“Application Programming Interface”*

ATM - *“Automatic Teller Machine”*

B2C - *“Business to Consumer”*

B2B - *“Business to Business”*

BFS - *“Breadth-First-Search-like”*

C2B - *“Consumer to Business”*

C2C - *“Consumer to Consumer”*

DSL - *“Digital Subscriber Line”*

E-Mail - *“Electronic Mail”*

EDI - *“Electronic Data Interchange”*

EFT - *“Electronic Funds Transfer”*

ERP - *“Enterprise resource planning”*

FTP - *“File Transfer Protocol”*

GECAD - Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão

HTML - *“HyperText Markup Language”*

IA - Inteligência Artificial

ISEM - *“Intelligent System for Electronic MarketPlaces”*

ICL - *“Interagent Communication Language”*

IEEE - *“Institute of Electrical and Electronic Engineers”*

IPA - Interface de Programação de Aplicativos

JML - *Java Modeling Language*

KIF - *“Knowledge Interchange Format”*

KQML - *“Knowledge Query Manipulation Language”*

MAFRA - *“MApping FRAmework”*

MIT - *“Massachusetts Institute of Technology”*

OAA - *“Open Agent Architecture”*

PGP - *“Pretty Good Privacy”*

WWW - *“World Wide Web”*

XML - *“eXtended Markup Language”*

1. Introdução

1.1. Enquadramento

O comércio, enquanto actividade económica, sempre teve um papel de grande importância no desenvolvimento da economia global e específica de cada País, região, cidade, ou mesmo, de um pequeno negócio.

Tendo em conta a sua importância, e com o objectivo não ficar obsoleto, o comércio tentou sempre acompanhar as tecnologias de ponta, para assim, ser visto como uma mais-valia e algo que seja capaz de suscitar o interesse e, consequentemente, investimento.

Como resultado desta evolução e constante pesquisa, para a sua própria superação, surgiu, entre outras vertentes, o comércio electrónico. O conceito de comércio electrónico surge como uma tentativa, por parte do comércio, de se auto-superar e conseguir eliminar algumas das suas limitações, como por exemplo: limitação física, limitação temporal, etc. A eliminação destes factores permite maximizar a implantação e proliferação do comércio, em forma do comércio electrónico.

Com esta proliferação e expansão, a complexidade inerente a este tipo de sistemas também aumentou, o que acabou por tornar os primeiros sistemas inadequados ou desajustados à realidade do comércio electrónico. Com o objectivo de suprir esta limitação, foi pensada e estudada a utilização de Agentes Inteligentes e Sistemas Multi-Agente. Pois, a conjugação destes dois conceitos permite, realizar uma representação adequada das diferentes entidades (como por exemplo: compradores, vendedores, reguladores, entre outras) envolvidas na negociação neste tipo de mercados e também disponibilizar um meio de interacção flexível e adaptado às necessidades que este tipo de mercado necessita.

Os agentes inteligentes provaram serem capazes de encontrar, de uma forma mais eficiente, os melhores negócios, para a compra de bens e/ou a subscrição de um determinado serviço. Actualmente, uma maior utilização destes sistemas/agentes, é travada em parte por alguma falta de confiança por parte dos utilizadores reais do sistema.

Esta tese centra-se neste tema, ou seja, tenta credibilizar e providenciar mais um método de avaliação de negócios de forma a solidificar a confiança dos utilizadores neste tipo de sistema. Neste caso específico, são abordados os modelos de avaliação de credibilidade e

reputação dos agentes envolvidos nas negociações existentes num mercado de comércio electrónico.

1.2. Motivação

Além de toda esta evolução, que tem ocorrido ao longo dos anos nos mercados de comércio electrónico, ainda é complicado pedir a um utilizador que deixe um agente electrónico realizar compras e / ou vendas em seu nome. Este tipo de negócios toca em duas questões “sensíveis” e “chave”, para a maior parte dos utilizadores: dinheiro e reputação. Se um determinado agente é burlado ou faz um mau negócio, o utilizador representado por esse agente é considerado responsável.

Para uma maior eficiência e confiança nos agentes inteligentes, foram, ao longo dos tempos, desenvolvidas várias metodologias, estratégias, etc., que permitissem credibilizar a utilização dos agentes inteligentes. Os modelos de avaliação de credibilidade e reputação de agentes inteligentes, nascem nesse âmbito e tentam transpor este comportamento social, de avaliação através da inquirição e histórico de interações passadas, para a realidade dos mercados de comércio electrónico.

Se pensarmos, antes de realizarmos uma compra a um determinado vendedor, tentamos inquirir outros utilizadores, entidades competentes, sobre a sua seriedade e capacidade de cumprimento do acordado. Tendo em conta a opinião obtida, podemos fazer um negócio menos favorável, em termos económicos, mas no qual temos maior confiança da sua correcta concretização.

Tendo esta questão em mente neste trabalho é proposto um modelo de avaliação de credibilidade e reputação baseado na utilização de um sistema multi-agente que, quando aplicado a um mercado de comércio electrónico, permite aumentar a eficiência dos agentes em conseguir um bom negócio e evitar ser vítima de fraude ou burla, por parte de outro agente.

1.3. Principais objectivos e descrição sumária do trabalho efectuado

Este trabalho tem por objectivo a utilização de modelos de avaliação de credibilidade e reputação, em mercados de comércio electrónico. Esta utilização pretende converter os conceitos de credibilidade e reputação, utilizados regularmente no nosso dia-a-dia, para o comércio electrónico, para assim, ser possível ter metodologias de avaliação e decisão, mais eficazes.

Para a correcta realização deste trabalho, irá ser feito um levantamento do estado da arte das seguintes áreas: Agentes Inteligentes, Comércio Electrónico e Modelos de Avaliação de Credibilidade e Reputação.

Após o término da realização, e análise, do estado da arte nas áreas referidas vai ser colocado como principais objectivos: a definição de uma arquitectura de avaliação de credibilidade e reputação e concretização da mesma através de um sistema multi-agente que simule um mercado de comércio electrónico.

Por fim, será feita uma análise dos dados provenientes das simulações realizadas no sistema desenvolvido.

1.4. Estrutura do Documento

Nesta secção será apresentada a estrutura deste documento, dando assim, uma noção geral do tema a ser desenvolvido. Desta forma, será apresentado um pequeno resumo do conteúdo de cada um dos capítulos.

A estrutura deste documento compreende uma divisão em sete capítulos, resumidamente apresentados em seguida:

- **Capítulo 1** - Neste capítulo é efectuado um enquadramento do tema deste trabalho, tal como são apresentadas as motivações que levaram à sua realização, são também relatados os objectivos acompanhados por uma breve descrição do trabalho realizado;
- **Capítulo 2** - São estudados os diferentes tipos de agentes as suas capacidades e áreas de aplicação;

- **Capítulo 3** - Este capítulo trata os conceitos relativos ao comércio electrónico, ou seja: é definido o conceito, são analisados as diferentes partes no ciclo de vida de um negócio, os processos e mecanismos de negociação e, por último, é feito um levantamento de alguns sistemas de comércio electrónico;
- **Capítulo 4** - É definido o conceito de credibilidade e reputação, assim como é feito um levantamento de sistemas que usam este mesmo conceito;
- **Capítulo 5** - Tendo por base a informação analisada anteriormente, neste capítulo é feita a sugestão de um modelo de avaliação de credibilidade e reputação;
- **Capítulo 6** - Tem como objectivo narrar os diferentes aspectos relacionados com a implementação do simulador, baseado no esquema proposto no capítulo 5. Também são analisados vários cenários de simulação e tiradas as respectivas conclusões;
- **Capítulo 7** - Neste último capítulo, são apresentadas as conclusões de todo o trabalho realizado e, consequentemente, aqui descrito. Esta análise contempla as principais contribuições do trabalho realizado e as limitações apresentadas, pelo mesmo. Também são definidos pontos onde, futuramente, é possível melhorar.

2. Agentes

2.1. Introdução

Ao longo dos tempos, a definição de Agente tem vindo a variar, de forma a cada vez mais se adaptar à realidade actual e também à necessidade de especialização em determinadas áreas.

O passado da robótica está intimamente ligado ao dos agentes, pois o conceito de máquinas independentes e capazes de simular o pensamento Humano começou a ser estudado no princípio dos anos 50. Até aos anos 60, os investigadores nesta área tinham como grande limitação a capacidade de processamento dos computadores e, por isso, a grande parte de aplicações e estudos feitos nesta área eram puramente académicos. A partir desta altura a forma de encarar esta área mudou radicalmente, com o aumento constante da velocidade de processamento dos computadores e, com a sua miniaturização, começou-se a apostar muito nesta área, com projectos ambiciosos. Até podemos dizer ambiciosos de mais, pois os projectos além de falharem alguns dos objectivos eram também entregues fora de prazo e com uma grande derrapagem nos custos. Devido a isto aconteceu aquilo que podemos chamar de “crise dos sistemas de informação”. Após estes tempos, começou-se a encarar de uma forma muito diferente esta área, uma forma muito mais realista, um robot passou a ser encarado como um conjunto de peças de hardware que através de um Agente lhe é dada flexibilidade e capacidade de “raciocínio”, para a resolução de uma variedade de problemas, desde os mais simples para os mais complexos.

Os agentes têm especial utilidade em problemas que possam ser divididos para uma resolução distribuída, no entanto, a avaliação da utilização dos agentes tem de ser feita da forma mais correcta possível, pois podem ser muito úteis quando bem aplicados, mas quando mal aplicados, são extremamente prejudiciais, pois tornam o sistema difícil de manter e de analisar [Ferber, 1999].

Entre os pioneiros neste tipo de desenvolvimento dos agentes, estavam, segundo Brenner [Brenner e tal., 1998], John McCarthy e Oliver Selfridge, que, usando um paralelismo com o “mundo” da robótica, desenvolveram um *robot virtual (soft robot)*, que tinha como objectivo atingir um determinado objectivo final, desempenhando um certo número de acções pré-determinadas. Estes e outros primeiros agentes realizavam o seu “raciocínio” através de heurísticas ou métodos baseados em conhecimento. Alguns conseguiam também planear,

aprender e modificar as suas visões sobre o ambiente onde se encontravam. Actualmente, nas aplicações da Inteligência Artificial (IA), é possível encontrar este tipo de características.

Após esta fase, e durante 30 anos, os agentes foram sendo desenvolvidos no âmbito de projectos de sistema, o que começou a trazer algum desânimo à comunidade de IA, pois os resultados obtidos eram simulados, figurativos e sempre relativos a mundos artificiais perfeitamente controlados.

Com o aparecimento e desenvolvimento da Internet, na década de 90, os agentes tiveram um desenvolvimento exponencial, pois apareceu um sem fim de novas aplicações e oportunidades de desenvolvimento. Aplicações que vão desde pequenos sistemas (filtros de email, etc.) até sistemas grandes, abertos e complexos (controlo de tráfego aéreo, etc.).

Tendo em conta esta migração para um “mundo” mais físico, várias discussões foram levantadas quanto ao conceito de agente. Posto isto, foram propostas várias definições, entre elas, as seguintes:

- *“Chamarei Sociedade da Mente a um esquema no qual cada mente é feita com muitos processos pequeninos, chamados Agentes, cada Agente só pode fazer coisas simples que não exijam qualquer mente ou pensamento, no entanto, quando juntarmos tais agentes em sociedades e de modos especiais tal conduzirá à verdadeira inteligência.”* [Minsky, 1986]
- *“As principais atribuições de um agente são: comportar-se flexivelmente em função do ambiente; exibir comportamento adaptativo; operar em tempo-real; operar num ambiente rico e complexo; perceber uma imensa quantidade de detalhes em mudança; usar vastas quantidades de conhecimento; conter um sistema motor com vários graus de liberdade; usar símbolos e abstracções; usar uma língua natural; aprender a partir do ambiente; adquirir capacidades através do desenvolvimento; viver autonomamente dentro de uma comunidade artificial; estar atento ao que o rodeia e também sobre si próprio.”* [Newell, 1989]
- *“Chama-se agente a uma entidade real ou abstracta que é capaz de agir sobre ela mesma e sobre o seu ambiente, que dispõe de uma representação parcial deste ambiente, que, num universo de multi-agente, pode comunicar com outros agentes, e cujo comportamento é consequência das suas observações, do seu conhecimento e das interacções com outros agentes.”* [Ferber, 1991]

- *“Para sobreviver os agentes são forçados a possuir capacidades de tomada de decisão, estratégica e previsional, de coordenar as suas acções entre si e de enfrentar tarefas complicadas de forma efectiva.” [Coelho,1994]*
- *“Os agentes inteligentes são entidades de software que realizam um conjunto de operações por um utilizador ou programa, com algum grau de independência ou autonomia, empregando algum conhecimento e representação dos desejos ou objectivos do utilizador.” [IBM Agent, 1995]*
- *“Agentes são sistemas computacionais residentes em ambientes dinâmicos complexos, os quais percebem e actuam autonomamente, e ao fazê-lo realizam um conjunto de objectivos e tarefas para os quais foram designados.” [Sousa & Morais, 1996]*
- *“Agentes são programas que têm diálogos, negociam e coordenam transferências de informações.” [Fleischhauer, 1996]*
- *“Agente é a palavra utilizada para chamar a uma entidade inteligente e autónoma.” [D’Inverno & Luck, 2001], a palavra autónoma, neste contexto, significa que não existe interdependência entre agentes, ou seja, cada agente tem a capacidade de existir por si próprio;*
- *“Agente é um programa de software que auxilia o utilizador na realização de alguma tarefa ou actividade.” [Wooldridge, 2002].*

Como é possível verificar, não existe uma definição universal do que é um “Agente”, pois alguns conceitos chave para a definição de um agente não reúnem o consenso. No entanto, a definição mais aceite entre a comunidade de IA, é a disponibilizada por [Wooldridge & Jennings, 1998]: “Um agente é um sistema computacional inserido num determinado ambiente, e que tem a capacidade de realizar uma *actividade autónoma* sobre este ambiente de forma a cumprir os seus objectivos. Autonomia é um conceito difícil de definir, mas queremos simplesmente dizer que o sistema tem de ter a capacidade de agir sem a intervenção directa do ser humano (ou outros agentes) e deve ter controlo sobre as suas próprias acções e estado interno.”

Além desta definição de agente, [Wooldridge & Jennings, 1998], ainda definem o conceito de agente inteligente: “Tem de ser capaz de um comportamento *autónomo* e *flexível*, isto quer dizer:

- *Sensível*: o agente deve estar consciente das variáveis do ambiente em que se encontra inserido e responder num tempo apropriado aquando das alterações que ocorram;
- *Proactivo*: os agentes não devem simplesmente responder a estas alterações mas também devem exibir comportamentos cheios de oportunidade, direccionados a um determinado objectivo e tomar a iniciativa quando for apropriado;
- *Social*: um agente deve ter a capacidade de interagir, quando considerar apropriado, com outros agentes ou com humanos com o objectivo de resolver os seus próprios problemas ou ajudar os outros nas suas actividades.

Só com a adição destes três factores é que existe um agente inteligente, além de existirem várias outras características, estas são as consideradas essenciais.”

Tendo por base esta definição, ao longo desta tese, quando for usado o termo agente na realidade é uma abreviatura para o termo agente inteligente.

2.2. Capacidades dos Agentes

Um agente é composto por várias características que, pela sua especificidade/área de aplicação, nos permitem classificar os diferentes tipos de agentes. Tal como é possível de supor existem várias características passíveis de observação, mas de entre todas destacam-se as seguintes:

- **Capacidade sensorial** – quando o agente é constituído por sensores que lhe permitem captar informação do meio ambiente. Como por exemplo: nos agentes que controlam um robot, pois desta forma conseguem *sentir* e *reagir* e nos agentes que têm como função controlar um sistema computacional, ou seja, monitorizar um disco ou detectar um vírus, nestes casos o sensor é um sensor virtual [Ramos e Silva, 2006].
- **Reactividade versus deliberação** – um agente reactivo é, tal como o nome indica, um agente que reage a mudanças no ambiente, em parte simulando a capacidade dos seres Humanos; um agente deliberativo é um agente que usa o planeamento puro, ou seja, mantém uma representação interna do mundo que o rodeia, o que implica que mesmo havendo alterações a este mundo durante a execução de uma tarefa, ele não altera o seu planeamento [Ramos e Silva, 2006].

- **Autonomia e semi-autonomia** – um agente autónomo é um tipo de agente que decide e controla as suas próprias acções. Este conceito não deve ser erradamente confundido com a capacidade de fazer tudo. Este tipo de agentes tem a capacidade de não bloquear, quando outro agente ou um utilizador não for capaz de realizar uma certa tarefa. Este conceito é muito importante, principalmente quando um humano não pode intervir ou realizar determinadas tarefas (por exemplo: um acidente numa central nuclear, ou a realização de tarefas em exploração espacial); Pelo contrário, um agente semi-autónomo depende sempre da presença de outros, quer seja para validação das suas tarefas ou então para o desempenho de tarefas diferenciadas [Ramos e Silva, 2006].
- **Pró-actividade** – este tipo de agente é orientado por objectivos, ou seja, não reage simplesmente a alterações no ambiente, mas sim, tem uma visão própria e capacidade de influenciar o ambiente [Ramos e Silva, 2006].
- **Persistência e não persistência** – um agente que exista ao longo de um período alargado de tempo é denominado de persistente (por exemplo: numa linha de produção industrial um agente que represente uma máquina ou linha de fabrico é persistente, pois pode existir durante vários anos); um agente não persistente, tem um tempo de vida mais curto (por exemplo: um agente que represente uma encomenda não é persistente, o tempo de duração neste caso podem ser horas ou dias) [Ramos e Silva, 2006].
- **Capacidade social** – é um agente que comunica, coopera, concorre e compete com outros agentes ou pessoas. Devido a esta interacção são formadas comunidades de agentes, entre as mais comuns temos os Sistemas Multi-Agente. Para a comunicação entre si os agentes deveram ter taxonomias e vocabulários, para que seja possível um diálogo consistente. A este conceito é dado o nome de ontologias [Ramos e Silva, 2006].
- **Aprendizagem** – este tipo de agente muda o seu comportamento, com base em experiências anteriores. Esta é uma das capacidades mais evidenciada por parte da comunidade da IA, pois é denotado um comportamento de aprendizagem, ao longo do tempo, em tudo similar ao de um humano [Ramos e Silva, 2006].
- **Mobilidade** – é um agente com capacidade, de num dado momento, se movimentar entre ambientes computacionais diferentes. Os agentes móveis devem estar preparados para “visitar” diferentes tipos de máquinas e sistemas operativos. Existem alguns problemas associados a este tipo de agentes, como por exemplo: o consumo de recursos de uma rede, a capacidade de tolerância a falhas da própria rede e a vulnerabilidade, por parte dos agentes, a “ataques” por parte de sistemas

hostis. Entre os primeiros agentes móveis, é possível encontrar o *AgentTCL* [Gray, 1995], o *Concórdia* [Mitsubish, 1997] e o *Odyssey* [Odyssey, 1996] [Ramos e Silva, 2006].

- **Flexibilidade e agilidade** – um agente flexível não necessita que as suas tarefas sejam predeterminadas, ou seja, tem a capacidade de aproveitar rapidamente novas oportunidades que surjam, mesmo que isso implique uma alteração na realização das tarefas ou mesmo a criação de novas. Por exemplo: num sistema industrial de produção, após a chegada de uma nova encomenda, de um produto conhecido e de fácil produção, pode ser alterada a ordem de produção actual, mesmo que isso implique um reescalonamento de toda a ordem de produção [Ramos e Silva, 2006].
- **Carácter ou Personalidade** – é um tipo de agente com uma personalidade credível e com um comportamento emocional. Desde sempre, tem sido objectivo da comunidade de Inteligência Artificial, dotar os agentes de pequenas partículas de carácter. Por exemplo: um agente vocacionado para o comércio electrónico pode não comprar produtos provenientes de determinados países, empresas e podendo-se basear em outras características definidas [Ramos e Silva, 2006].
- **Inteligência** – é um agente com capacidade de raciocínio autónomo, planeia o que faz, corrige os erros e reage a situações não esperadas, adapta-se e aprende. Ou seja, a inteligência é uma característica dos agentes que pode ser definida em função de outras características. É possível dizer que o perfeito agente inteligente existirá, quando não formos capazes de distinguir se algo resulta de um ser humano ou não. Temos o Teste de Turing (este teste consiste num humano fazer uma série de perguntas a duas outras entidades, que podem ser um agente ou outro humano, e o perfeito agente é aquele que conseguir estabelecer uma conversa suficientemente eficaz ao ponto do interrogador não conseguir distinguir entre o humano e o agente [Turing, 2003]) [Ramos e Silva, 2006].

2.3. Aplicação de agentes

Acompanhando a expansão da Internet e da vertente tecnológica da informática, também os agentes aumentam as suas aplicações. Hoje em dia, a utilização de agentes é muito abrangente. É possível “encontrar” agentes a serem usados para redes e gestão de sistemas, apoio à decisão e suporte logísticos, negociação, entre outras. É possível analisar

estas diferentes aplicações dos agentes segundo dois prismas: relativamente às suas funcionalidades e relativamente às áreas de aplicação.

2.3.1. Funcionalidades

É possível dotar um agente de grande variedade de funcionalidades. Das diferentes funcionalidades disponíveis devem ser salientadas as seguintes: o agente enquanto controlador de informação, o agente auxiliador, o agente interactivo, o agente colaborador e o agente fornecedor de serviços [Peixoto, 2007].

- **O agente controlador de informação** – este tipo de agente monitoriza, baseado em informações pré-fornecidas pelo utilizador, o aparecimento de informação ou eventos que possam interessar ao utilizador. Quando este caso se verifica, o agente notifica o utilizador ou guarda esta informação para mais tarde ser consultada. Este tipo de agentes é especialmente útil em sistemas que necessitem de ser notificados instantaneamente de determinadas ocorrências ou então que necessitem de notificar utilizadores. A exemplificar este tipo de agentes temos o *Pointcast* [Ramakrishnan e Dayal, 1998] e o *Fishwrap* [Chesnais et al., 1995].
 - O *Pointcast* existe desde 1992 é composto por uma componente *servidor* e outra *cliente*. Esta estrutura tem por objectivo, por parte do servidor: recolher informações que sejam marcadas como interessantes ou relevantes para os parâmetros estabelecidos por parte dos clientes. Por parte do cliente: permite uma configuração, por parte do utilizador, relativa ao tipo de dados a recolher e frequência de recolha. De referir que a informação, quando pesquisada, é disponibilizada em tempo real.
 - O *Fishwrap* foi desenvolvido pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) em 1993. O programa tem por objectivo, recolher notícias que correspondam ao interesse pessoal do utilizador, tanto a nível mundial como local. Desta forma é possível ligar os utilizadores com o MIT e com as notícias de seu interesse.
 - Outro exemplo, muito conhecido do público em geral, é o da *amazon.com*, pois existem vários agentes que pesquisam livros de determinados temas e sempre que os encontram, notificam os utilizadores interessados através de mail.
- **O agente auxiliador** – este tipo de agente realiza trabalhos específicos de forma a auxiliar os utilizadores. Por exemplo, um agente pode monitorizar as caixas de

correio dos utilizadores e notificar os respectivos donos, que a sua caixa se encontra cheia. Baseando-se em regras pré-definidas ou um outro sistema especializado, pode ainda fornecer um diagnóstico e resolver o problema automaticamente. Como exemplo prático da utilização destes agentes existe o *NetMechanic* [Kallepalli e Tian, 2001]. Este agente tem como objectivo auxiliar na descoberta de falhas de hiperligações nos seus websites, ou seja, ele descobre as falhas existentes e notifica os utilizadores responsáveis.

- **O agente interactivo** – interage e dialoga com o utilizador. Tipicamente este tipo de agentes é associado à área do entretenimento. O primeiro exemplo deste tipo de agentes foi o *Eliza* [Girle, 1992]. Este tipo de agentes tem vindo a massificar-se ao longo dos anos, pois é uma área de desenvolvimento da Inteligência Artificial que dá muita visibilidade ao “mundo” dos agentes. Por exemplo, um agente poderá explicar como pesquisar num determinado site. *Erin the Bartender* [Isbister e Hayes-Roth, 1998] é um agente que “serve” bebidas, mantém o bar organizado e conversa com os clientes, ou seja, desempenha as funções de um verdadeiro empregado de bar.
- **O agente colaborador** – este tipo de agente tem por objectivo fornecer assistência ao utilizador nas diferentes áreas de conhecimento. Uma utilização típica deste tipo de agentes é em salas de conversação, em aglomeração de informação para associação de diferentes utilizadores. O *Firefly* [Bakos, 1998] é um agente que usa esta parte colaborativa para estabelecer a ligação entre diferentes utilizadores que tenham os mesmos gostos, relativamente a diferentes sites.
- **O agente fornecedor de serviços** – um exemplo muito comum na utilização deste tipo de agentes é na comparação de preços para compras online. Se porventura for disponibilizado um cartão de crédito, ou qualquer outra forma de pagamento, será possível ao agente realizar a melhor compra, ou seja, a melhor relação preço/qualidade de um determinado produto desejado pelo utilizador. Um exemplo, entre os vários que existem, é o *Price Watch*¹, que procura os melhores preços de produtos relacionados com Informática.

2.3.2. Áreas de aplicação

Esta secção tem por objectivo explorar algumas áreas de aplicação dos agentes. Além do comércio electrónico, explicado no Capítulo 1, existem outras áreas de aplicação que vão desde o sector médico, diversão, robótica, sistemas produtivos, até ao controlo de tráfego.

¹ <http://www.pricewatch.com/>

Por estes exemplos é possível verificar que o âmbito de aplicação dos agentes é muito vasto e diversificado.

- **Mobilidade** – A Mobilidade representa um papel muito importante na sociedade de informação de hoje em dia. Esta pesquisa de informação e consequente actualização da mesma não devem estar dependentes de factores, como por exemplo: a disponibilidade para o utilizador estar ligado à internet, as limitações deste mesmo acesso (largura de banda, instabilidade da rede, limitações de tipo de tarifário disponibilizado pelo ISP, entre outras), a limitação da capacidade de pesquisa do utilizador, etc. Os agentes são uma resposta eficiente a estas limitações, pois os agentes encontram-se na rede, logo, é possível realizarem uma busca ininterrupta por informação interessante para o utilizador, consultarem informação de várias fontes de informação e, devido à filtragem realizada, diminuíssem o congestionamento da rede. Um bom exemplo deste tipo de agentes é o *DEEPSIA* [DEEPSIA, 2000]. Este sistema multi-agente, realiza uma pesquisa de produtos, com as premissas anteriormente referidas;
- **Robótica** – Devido à relação próxima entre os agentes e a Robótica existem várias aplicações possíveis nesta área. Estas aplicações podem ser muito complexas (controlar um robot com várias partes e com diferentes funções num ambiente dinâmico) ou de complexidade inferior (controlar um braço mecânico para movimentar cargas de um local para outro). É possível dar como exemplo, das inúmeras aplicações possíveis para os agentes na área da robótica, as seguintes:
 - **“An Assistive Robotic Agent for Pedestrian Mobility”** [Wasson et al., 2001] – Este projecto tem por objectivo desenvolver um “assistente” à deslocação para uma população de uma faixa etária mais elevada. O agente neste caso tem de controlar o robot e a interacção com o utilizador;
 - **“Collision-avoidance Mechanism of Multi Agent System”** [Qianwei et al., 2003] – Este artigo concentra a sua atenção no desenvolvimento de um sistema multi-agente, para que seja possível a um robot evitar colisões com objectos num ambiente 2-D;
 - **“Applying Agent Oriented Software Engineering to Cooperative Robotics”** [DeLoach et al., 2002] – Este artigo tem por base a aplicação de sistemas multi-agente à cooperação entre diferentes robôs. Mais concretamente, este esquema é adaptado a uma equipa de busca e salvamento robótica;
- **Sistema de produção** – Um sistema de produção, baseado em agentes, é considerado de alta complexidade, pois além de estar inserido num ambiente muito

“volátil” é necessário um grande nível de cooperação e um processo de negociação bastante eficiente. É possível, considerar este processo como sendo um sistema social, pois além dos diferentes agentes representarem entidades diferentes neste processo de fabrico, têm como objectivo comum, entre outros, garantir a qualidade dos produtos, os prazos de entrega, etc. Alguns trabalhos com agentes na área de Sistemas de Produção podem ser encontrados em [Maturana et al., 1999] [Shen et al., 2001] [Madureira et al., 2007].

- **Controlo de tráfego** – O controlo de tráfego pode ser separado em duas vertentes, o tráfego urbano e o tráfego aéreo. No âmbito do tráfego urbano os agentes podem ser encarados como controladores de semáforos de trânsito, que comunicam entre si, de forma a maximizarem o fluxo de trânsito num determinado cruzamento ou secção de uma cidade. Por exemplo: agentes responsáveis por controlar os semáforos num cruzamento, após verificarem que existe um fluxo de trânsito superior num dos sentidos, negociam entre si para que esse seja o sentido de trânsito a ter mais tempo os semáforos a verde. Da mesma forma, agentes consecutivos numa avenida, com vários semáforos, negociam entre si, para seja possível um certo veículo, que encontrou um vermelho, não volte a encontrar outro no decorrer do seu percurso nessa avenida. O controlo de tráfego aéreo é similar em complexidade com os sistemas de controlo de produção, pois o ambiente também é muito volátil e existem bastantes variáveis a serem controladas pelo sistema. Contudo, devido à importância do sistema, o controlo é distribuído por diferentes agentes. Neste caso os agentes podem representar um voo, uma fila de aviões, pistas, entre outros. Exemplos de trabalhos recentes nesta área são [Gorodetsky et al., 2008] [Kuyer et al., 2008] [Shi & Huang, 2008] [Zhang et al., 2009].

2.4. Conclusão

Ao longo deste capítulo foram demonstradas várias funcionalidades e vantagens dos agentes, mas convém não esquecer que também existem problemas (por exemplo: problemas de implementação, problemas de gestão, etc.) e limitações (por exemplo: limitações ao nível da confiança depositada por parte dos utilizadores nos agentes, entre outras) neste tipo de soluções. Quem se familiariza com o conceito de agentes, pode ter a tendência de achar que os mesmos são uma solução “milagrosa” que irá poder ser aplicada a todos os problemas e situações. Esta noção é errada, pois um sistema baseado em

agentes, que numa fase preliminar, não tenha tido uma análise correcta e exaustiva do problema pode tornar-se em mais um problema ao invés de ser uma solução. Por isso, é necessário identificar correctamente o problema e desenvolver os agentes tendo em base essas premissas para que seja uma solução específica para aquele problema e não para uma infinidade de outros problemas.

3. Comércio Electrónico

3.1. Introdução

Podemos começar por definir o comércio electrónico como sendo qualquer actividade económica desempenhada através de um equipamento electrónico, como é o caso de um computador. Este tipo de actividade é desempenhada por compradores e vendedores que dão a conhecer os seus interesses e se, porventura, existir um negócio de mútuo interesse, negociam chegando a um eventual acordo, finalizam a transacção com o respectivo pagamento e entrega do bem, ou serviço, transaccionado.

A nível histórico, podemos dizer que o conceito tem evoluído e mudado bastante ao longo dos últimos 30 anos. No início dos anos 70, o conceito de comercio electrónico significava a troca de facturas e encomendas electronicamente. Nesta altura eram usadas tecnologias como o “*Electronic Data Interchange*”(EDI) e “*Electronic Funds Transfer*”(EFT) [HISTORY OF ECOMMERCE, 2007].

O conceito de *EDI* consiste na troca de dados usando meios electrónicos, isto não quer dizer a simples troca de emails entre os utilizadores. Graças aos seus standards estes dados podem substituir facturas, cheques, guias de transporte, etc. Por sua vez, o termo *EFT* engloba todos os sistemas electrónicos que permitem transacções financeiras, por exemplo: pagamentos por cartão de crédito, depósito para pagamento directo de ordenados por parte de uma empresa aos seus funcionários, etc.

Nos anos 80 e com a generalização/crescimento da utilização dos cartões de crédito, máquinas multibanco (ATM) e de sistemas de gestão bancária telefónica também o comércio electrónico sofreu um aumento na sua popularidade. No seguimento deste aumento de popularidade apareceram as “compras online”, na verdadeira assumpção da palavra. Este conceito foi inventado por Michael Aldrich em 1979 no Reino Unido [E-COMMERCE – HISTORY, FUNDAMENTALS AND TRENDS SIMPLIFIED, 2009]. Outra grande evolução que sofreu na sua história foi nos anos 90, quando começaram a ser usados “*Enterprise resource planning systems*”(ERP), descoberta de dados e armazéns de dados. Como se pode depreender estes sistemas vieram ajudar a “conhecer” os clientes e os seus gostos, o que permitiu fazer um tipo de marketing mais direccionado e a disponibilização de ofertas que conseguissem realmente atrair os clientes.

Com a proliferação da Internet no ano de 1994 e a introdução, cinco anos depois, de vários protocolos de segurança e do “*Digital Subscriber Line*”(DSL) [HISTORY OF ECOMMERCE, 2008], o “ambiente” tornou-se deveras propício ao rápido desenvolvimento do comércio electrónico, isto porque, a velocidade de transmissão de dados digitais, era deveras superior à que a rede permitia anteriormente.

Para finalizar esta introdução histórica é possível afirmar que no ano 2000 existiam várias empresas a disponibilizar a venda dos seus produtos *online*. Na tabela 1 é possível observar que, além da crise que existe actualmente no mercado mundial, o comércio electrónico tem aumentado circunstancialmente o seu volume de vendas ocupando cada vez mais uma maior fatia do valor total de comércio anual. De acordo com as previsões da empresa *Forrester*² até ao ano 2013 o volume de negócios do comércio electrónico irá ultrapassar os 200 mil milhões de dólares anuais e atingir uma percentagem de mercado perto dos 8%.

Tabela 1- “*Market Share*” disponibilizado pela empresa Forrester

Ano	Volume de vendas anual (mil milhões de dólares)	Percentagem de comércio electrónico
2007	\$125.1	5
2008	\$141.3	5
2009	\$156.1	6
2010	\$176.9	6
2011	\$194.4	7
2012	\$211.7	8
2013	\$229.1	8

Do ponto de vista da investigação científica, os temas que têm tido mais atenção passam pela automação dos processos de negociação que estão inerentes à compra e venda e também pela virtualização de empresas para que também estas possam fornecer/requerer recursos usando o comércio electrónico. O facto desta área no decorrer dos últimos anos ter sofrido uma evolução razoável e também de ainda existir uma longa margem de progressão, torna a investigação nesta área bastante “apetecível”. Como vai ser possível verificar mais há frente neste documento, a negociação é um processo complexo, pois envolve várias variáveis, que na maior parte dos casos, não são conhecidas aquando da tomada de decisão.

² <http://seekingalpha.com/article/118785-u-s-e-commerce-gaining-market-share-as-growth-slows>

Inicialmente é possível dividir o domínio do mercado electrónico em 4 subdomínios, consoante o tipo de transacções realizadas no respectivo mercado. Estes 4 subdomínios são: “*Business to Consumer*” (B2C), “*Business to Business*” (B2B), “*Consumer to Business*” (C2B) e “*Consumer to Consumer*” (C2C). Claro que com o evoluir dos tempos foram surgindo várias vertentes híbridas destas, mas os tipos base são os acima referidos. De todos eles os mais comuns e mais usados hoje em dia são o B2B, B2C e C2C.

3.2. Definição do conceito: Comercio Electrónico

Tal como foi referido anteriormente, o objectivo de um mercado electrónico é aproximar compradores e vendedores (num mesmo local, virtual), para que ambos tenham a possibilidade de negociar de acordo com os seus melhores interesses. As seguintes funções devem ser disponibilizadas: permitir o encontro entre os diferentes intervenientes; facilitar a troca de informação, bens, serviços e pagamentos; e fornecer uma infra-estrutura institucional que estabelece as regras de comportamento e de negócio [Balkos, 1998].

É possível classificar os mercados em *monopolistas* ou *competitivos*. Como o próprio nome indica, os *monopolistas* são mercados em que cada vendedor é o detentor único da comercialização de determinado produto, logo, não havendo concorrência directa entre os diferentes vendedores. Os mercados *competitivos* são o oposto do anterior, ou seja, existe uma panóplia de vendedores que oferecem os mesmos produtos ou similares. Neste tipo de mercado é promovida a concorrência, o que beneficia a concretização de melhores negócios por parte dos possíveis compradores. Para ser possível diferenciar os diferentes vendedores, pode ser usado como parâmetro a qualidade (este tipo de mercado é denominado de mercado *puramente competitivo*) ou então são disponibilizados produtos similares/substitutos (desta feita, este tipo de mercados é denominado de *competição monopolista*) [Varian, 1980].

Como entidades mais importantes envolvidas na transacção efectuada temos: o comprador, o vendedor e o facilitador. Tal como o nome indica, esta terceira entidade tem como principal, se não mesmo único, objectivo facilitar a compra/venda. Para isto esta entidade estabelece a ligação entre vendedores e compradores, fornece a informação relativa a produtos aos compradores e relativa ao mercado aos vendedores, estabelece relações de confiança e assegura a integridade dos mercados [Viamonte, 2004]. Relativamente a esta entidade existem três tipos de divisão de funções possíveis [Viamonte, 2004], podem ser: *Gestores*, *Centralizadores* ou *Mediadores*.

- O *Gestor* é responsável por armazenar a informação do sistema, ou seja, quem são os vendedores, que produtos transaccionam e em que condições são transaccionados;
- O *Centralizador* funciona um pouco como repositório de informação, pois os compradores colocam aqui as suas necessidades e os vendedores consultam o *centralizador* de forma a analisarem quais os pedidos que lhe são mais vantajosos;
- Por fim, o *Mediador* tem como principal função proteger a identidade quer dos compradores quer dos vendedores. O *mediador* recebe as propostas quer de uns quer de outros, depois comunicando o resultado a ambos.

No que toca à definição do tipo de mercado, torna-se necessário ter presente a definição do tipo de mercado, relativamente à métrica “tempo”. Pois por norma existem dois tipos de mercados, os finitos e os intemporais. Esta distinção torna-se necessária porque estes dois tipos de mercado são bastante diferentes entre si.

Os intemporais são mercados nos quais não existe um período de tempo, pré-estabelecido, desde o seu início até ao fim. Este tipo de mercado é tipicamente o das lojas online, pois disponibilizam sempre o seu produto, excepto em casos de ruptura de stock ou alteração de produtos.

Os mercados finitos caracterizam-se pelo seu tempo de vida (que é estabelecido *a priori*), pela limitação do número de possíveis compradores e pelos valores em *stock* disponibilizados pelos vendedores. Alguns exemplos muito comuns deste tipo de mercados são: as vendas de bilhetes de espectáculo, de bilhetes de avião e as vendas sazonais e com curto espaço de duração. Neste tipo de mercados é necessário ter em atenção que um produto ou bem pode deixar de ter utilidade se porventura for passando o seu tempo útil ou então se a quantidade transaccionada não for a desejada e necessária por ambas as partes. Tipicamente pode ser dado o exemplo de produtos frescos (se demorarem muito tempo a serem transaccionados podem-se estragar ou então perderem a vantagem competitiva relativamente a outros produtos), da electricidade (se porventura a quantidade transaccionada não colmatar a necessidade do cliente ou então não escoar o excesso do vendedor deixa de ter validade) e a própria informação (uma informação válida e valiosa, pode-o ser só agora, perdendo a sua validade instantes depois). Todos estes factores tornam este tipo de mercados, aliciantes à investigação científica.

Neste tipo de mercados é necessário ter em atenção vários factores (instante em que ocorre a venda, a capacidade de aquisição/venda dos compradores/vendedores e a própria “psicologia dos vendedores” que podem ou não estar receptivos a determinadas vendas, a determinados valores e só em alturas do tempo específicas) o que por si só é problemático

pois tendo em conta a janela temporal disponível a avaliação de todos estes factores deve ser feita de uma forma rápida e muitas vezes é melhor chegar a “uma solução” em detrimento de chegar à “melhor solução”, pois esta última “carrega” o risco de chegar tarde demais ou então das premissas usadas para o seu “cálculo” já não serem verdadeiras.

Concluindo, é possível dizer que os vendedores têm por objectivo vender a maior quantidade possível ao melhor preço antes do fim do mercado e por sua vez os compradores têm por objectivo comprar as unidades pretendidas ao melhor preço e dentro do período de abertura do mercado. [Viamonte, 2004]

3.3. Ciclo de vida de um negócio

O Ciclo de vida de um negócio baseia-se num conjunto finito de interacções, tipicamente entre compradores e vendedores. A subdivisão, do ciclo de vida de um negócio, em três fases distintas é consensual na literatura [Trastour et tal., 2002][Malone e Little et al. 1997][Schimd, 1994][Klein e Langenohl, 1994] nomeadamente: *informação*, *negociação* e *resolução*.

Em [Malone e Little et al. 1997] é possível encontrar uma subdivisão de cada uma das fases referidas anteriormente. Como se pode consultar na tabela 2.

Tabela 2 – Ciclo de Vida de um Negócio

Fases	Sub-Fases
Informação	Identificação de Potenciais Vendedores
	Identificação das próprias necessidades
	Avaliação das alternativas
Negociação	Formalização da encomenda
Resolução	Recepção dos bens
	Realização do pagamento
	Uso dos bens

Da análise das sub-fases, relativas à fase da “Informação”, é possível afirmar que a ordem pela qual aparecem não é vinculativa e é recorrente, ou seja, podemos voltar à sub-fase anterior se necessário. Também pode ser um pouco difícil de interpretar o facto de a

primeira sub-fase ser *identificação de potenciais vendedores*. Esta sub-fase aparece em primeiro pois hoje em dia os vendedores conseguem criar necessidades nos clientes, ou seja, o cliente até pode não estar interessado num determinado produto, mas ao verificar a sua disponibilidade no mercado pode alterar as suas premissas. Cada uma das fases do ciclo de vida de um negócio será, em seguida, descrita com mais pormenor.

3.3.1. Informação

Esta fase é dedicada à avaliação do mercado, ou seja, verificar quais são os produtos disponibilizados e por que vendedores, as condições oferecidas, quais os compradores interessados. Esta informação em conjunto com os valores utilizados nas transacções é representativa da situação do mercado.

Nesta fase é possível identificar, claramente, um ciclo recorrente e comum à maior parte dos negócios. Tal como foi explicitado na Tabela 2, este processo de informação, começa com a identificação de potenciais vendedores, ou seja, o cliente recolhe informação do mercado relativa aos vendedores existentes, como por exemplo: quem são, que produtos disponibilizam, entre outros. Depois desta primeira sub-fase, realizam uma “introspecção” de forma a avaliar quais são na realidade as suas necessidades, para desta forma balizar quais são os seus objectivos para a realização de uma transacção futura. Por último, avalia as alternativas disponíveis. Neste momento é ainda uma avaliação preliminar do mercado disponível, ou seja, ainda não existe contacto efectivo com os vendedores. Nesta sub-fase, o cliente pode, por exemplo: verificar quais são os vendedores que disponibilizam o produto que ele deseja.

Como métrica base da avaliação de um mercado temos a sua capacidade de disponibilização de informação, a todos os interessados, sobre os bens em si transaccionados. Com o evoluir das exigências e da complexidade dos mercados é necessário disponibilizar outro tipo de informação que permita elaborar modelos de decisão mais correctos e adaptativos à realidade sempre “flutuante” dos mercados de hoje em dia.

Tendo por base que o principal objectivo de um mercado é satisfazer as partes envolvidas e tendo em conta que no contexto actual de “flutuações” de mercado (quer sejam flutuações de preço, de procura, etc.), podem acontecer situações em que nem sequer existe uma correcta correspondência entre as necessidades e as ofertas, nestas situações, o mercado deve ser capaz de dar alguma resposta, quer sejam produtos similares. Ou então, outros produtos que, baseando-se em outras compras/interesses, possam ser de interesse para o

utilizador. Daí que os mercados actuais têm de ter uma forte componente dinâmica na sua génese.

3.3.2. Negociação

Esta fase é de vital importância, no contexto do comércio electrónico, pois é nesta fase que as decisões são tomadas, quer por parte dos vendedores quer por parte dos compradores. Após o levantamento das informações dos negócios, na fase anterior, nesta fase existe um contacto efectivo entre as partes interessadas de forma a ser conquistado um consenso que beneficie ambas as partes. Claro que nem sempre isto é possível, pois existem situações “win-win” e “win-lose”, ou seja, podem existir situações em que uma das partes sai a “perder” deste negócio. Tendo em conta a afirmação anterior, é possível e legítimo pensar “Porque razão é que se concretiza o negócio? Pois a parte que perde podia não o concretizar.”, o negócio é concretizado pois pode “facilitar” futuros negócios entre os intervenientes com condições mais favoráveis.

Esta fase da negociação depende de vários factores, como por exemplo a duração e a complexidade, entre outros. Com a negociação são determinados todos os parâmetros de uma transacção, como por exemplo: o preço, a forma de pagamento, o prazo de entrega, a garantia, o serviço pós-venda, etc.

Tipicamente, numa transacção, os intervenientes têm um conjunto de parâmetros desejados e um conjunto de parâmetros de reserva. Estes parâmetros de reserva, são um conjunto de parâmetros de negociação que representam até onde o participante está disposto a ceder, na relaxação do conjunto ideal. Como é óbvio qualquer destes conjuntos de parâmetros é actualizado constantemente, dependendo do estado do mercado e da própria evolução da negociação. É necessário referir que o conjunto de parâmetros de reserva são sempre o conjunto mínimo até ao qual o participante está disposto a chegar para a obtenção de um consenso.

3.3.3. Resolução

A resolução é a última fase do ciclo de vida de um negócio. É neste que se efectiva a transacção, ou seja, realizando o paralelismo com as sub-fases apresentadas na Tabela 2, o “comprador” recebe o que acordou com o “vendedor”, e o “vendedor” recebe o valor acordado pela transacção. Por fim, o comprador usufrui do bem, ou serviço, acordado.

Pela descrição acima referida é possível, erradamente, pensar que esta fase é simples e de rápida resolução. Mas não é assim, pois existe a possibilidade de ser necessário assegurar um serviço pós-venda de assistência técnica ou até mesmo de garantia do bem, bem como de realizar todo o processo de avaliação do produto ou serviço fornecido, quer por parte do “vendedor”, do “comprador” ou ainda por parte de uma entidade idónea que controla todo o processo de resolução do negócio.

3.4. Negociação em Mercados electrónicos

Tal como foi acima referido a fase da negociação é uma das mais, se não a mais, importante de todo o processo de compra/venda. É nesta fase que se realiza o processo de tomada de decisão onde os “clientes” e os “vendedores” tentam atingir os seus objectivos óptimos mas sempre com uma margem de manobra para negociar.

É comum separar a negociação em dois componentes distintos [Larson, Sandholm, 2001][Lomuscio et al.,2003] nomeadamente:

1. Protocolo – Especifica quais as normas e os parâmetros a que devem obedecer as propostas e o próprio processo de negociação entre todos os intervenientes. Podemos dizer que é encarado como um “código de conduta”, para os participantes;
2. Estratégia – Refere-se à forma como os participantes vão tentar atingir os seus objectivos da melhor forma possível.

3.4.1. Caracterização da negociação

Uma negociação tem sempre pelo menos um ou vários objectivos, que podem ser caracterizados como ideais, realistas e/ou prioritários. Os objectivos ideais são os atingidos caso a outra parte envolvida no negócio esteja de acordo com todas as exigências e pressupostos. Os objectivos realistas são os entendidos como sendo os que mais facilmente conseguem atingir um consenso. Já os prioritários, representam os objectivos mínimos para a concretização do negócio [Yan et al., 2003][Sandholm, 1999]. A classificação da negociação em dois tipos é consensual na literatura [Guttman e Maes, 1998a][Guttman e Maes, 1998b]. Sendo estes dois tipos: a *Negociação distributiva ou competitiva* e a *Negociação integrativa ou cooperativa*.

1. Negociação distributiva ou competitiva (*win-lose*) - consiste numa negociação onde existe um objectivo exclusivo, onde os objectivos das partes envolvidas são disjuntos, desta forma, normalmente, para um concretizar os seus objectivos o outro tem de falhar os seus ou então contentar-se em atingir objectivos secundários.
2. Negociação integrativa ou cooperativa (*win-win*) - consiste numa abordagem de resolução de conflitos inter-dependentes, não mutuamente exclusivos. Desta forma, e com a manipulação de vários objectivos, as várias partes conseguem tirar proveitos de conflitos resolvidos.

Qualquer um deste tipo de negociação é interessante e tem os seus pontos negativos e positivos. Actualmente, dependendo do tipo de negócio, ambas as abordagens são usadas, sendo inclusive, por vezes, usadas em conjunto.

3.4.2. Parâmetros de uma negociação

Os parâmetros de uma negociação, de acordo com a literatura [Narayanan e Jennings, 2003][Paprzycki e Ganzha, 2007][Merlat, 1999] são os seguintes: *número de participantes, domínio da negociação, objecto da negociação e fixação do acordo negocial*.

3.4.2.1. Número de participantes

Os participantes de uma negociação têm um de dois papéis: contratante e contratado. O contratante é a entidade que tem por objectivo contratar uma determinada tarefa. O contratado é a entidade que possui as capacidades (conhecimentos e recursos) para concretizar a tarefa proposta. É considerado contratante, a entidade que inicia a transacção. Adaptando este conceito ao comércio electrónico, o contratante tanto pode ser o vendedor como o comprador. Tendo dado esta explicação, podemos categorizar a negociação quanto ao número de participantes, onde podemos ter uma ou mais entidades a *representar* qualquer um dos papéis, o que resulta na seguinte categorização [Viamonte, 2004]:

- Negociação *Um-para-um* – este é tipo mais básico, pois só existe uma entidade a representar cada um dos papéis;
- Negociação *Um-para-muitos* – este caso é o mais comum nos leilões, pois temos um participante (leiloeiro) a negociar com vários outros (clientes), capazes de satisfazer a necessidade expressa;

- Negociação *Muitos-para-muitos* – este é o tipo de categorização mais complexo, pois existe uma negociação de vários participantes para vários. Este tipo de categorização é o mais comum nos Mercados Electrónicos, pois é normal a ocorrência de casos em que existem vários vendedores e vários compradores a negociar, em simultâneo, determinado bem.

3.4.2.2. Domínio da negociação

O domínio da negociação são os atributos do objecto a transaccionar que serão alvo de negociação por parte dos participantes envolvidos na transacção. Esta análise permite uma nova categorização da negociação, pois é possível classificá-la quanto ao número de atributos a avaliar numa transacção. Sendo assim é possível ter:

- *Atributos únicos* – a negociação irá incidir sobre um único atributo do objecto, normalmente este atributo é o preço;
- *Múltiplos atributos* – ao contrário da classificação anterior a negociação é centrada em vários atributos do objecto a ser transaccionado. Neste tipo de avaliação de atributos é normal ser usada uma função que pondera os diferentes atributos tendo em conta as necessidades/desejos do participante. Desta função irá sair um valor de utilidade que será usado para comparar as várias opções ao dispor do participante.

3.4.2.3. Objecto da negociação

O objecto da negociação é o centro de toda a transacção, pois representa o(s) item(ns) (produto, serviço, tarefa, etc.) a ser transaccionado(s). O objecto pode ser categorizado de acordo com dois parâmetros, a *quantidade* e a sua *mais-valia*:

- Quanto à *quantidade*:
 - *Item único* – quando o item é único;
 - *Múltiplos itens* – quando existem vários itens a serem negociados;
 - *Combinação de itens* – quando a negociação não se limita a um tipo de item, mas a uma combinação de diferente itens.
- Quanto à sua *mais-valia*:
 - *Valor privado* – neste caso o valor do item é dado localmente e não depende do valor dado por outros mercados ou globalmente;

- *Valor público* – o valor do item depende também do valor que ele possui para outros participantes, para outros mercados ou até para entidades reguladoras, como é o caso das acções transaccionadas nas bolsas de valores.

3.4.2.4. Fixação do acordo negocial

Quando é chegada a uma fase de conclusão da negociação é, por vezes, necessário celebrar um compromisso de compra, para que sejam garantidos os interesses do contratante e do contratado. Quanto ao compromisso podemos ainda classificar a negociação como [Viamonte, 2004]:

- *Não solúvel* – após a chegada a um acordo, nenhuma das partes pode desistir;
- *Solúvel* – qualquer uma das partes pode desistir, tendo sempre em conta as regras definidas na negociação para este caso específico.

3.5. Mecanismos de negociação

Com a evolução do comércio electrónico foram desenvolvidos vários mecanismos para permitir e facilitar a negociação automática entre as várias entidades. De todos os mecanismos existentes são de elevada importância: os *Leilões*, a *Teoria de Jogos*, as *Redes de Contracto*, as *Aproximações Heurísticas* e a *Argumentação* [Zhang e Qiu, 2005][Lomuscio et al., 2003][Kersten et al., 2000].

3.5.1. Leilão

Este é o mecanismo mais usual na Internet e também o mais divulgado. Pois a sua utilização é relativamente simples e as regras são, em grande parte das vezes, triviais e de fácil interpretação. Tendo em conta a sua popularidade, é comum associar-se a palavra *comércio electrónico* a *leilões* [Kersten et al., 2000]. A categorização de um *leilão* é realizada de acordo com três grandes dimensões base: o *objecto da transacção*, o *número de participantes* e *visibilidade da proposta*. Como é facilmente identificável, podemos associar estas três dimensões aos diferentes componentes de uma negociação, acima referidos.

- *Objecto da transacção* – o objecto da transacção pode ser um único item, múltiplos itens ou uma combinação de itens diferentes;
- *Número de participantes* – Como foi referido na secção 3.4.2.1, relativa ao número de participantes, estes podem ser de um para um, um para muitos (leilão simples) ou de muitos para muitos (leilão duplo);
- *Visibilidade da proposta* – as propostas quanto à sua visibilidade podem ser classificadas como *abertas* ou *fechadas*.
 - Nas propostas *abertas*, as propostas apresentadas ao *leiloeiro* são do conhecimento de todos os interessados na transacção (podendo ainda estar limitado a participantes ou ao público em geral), um exemplo típico deste tipo de proposta é o leilão “Holandês” ou o “Inglês”;
 - Nas propostas *fechadas*, as propostas apresentadas são só do conhecimento do *leiloeiro*. Um exemplo típico deste tipo de leilões é o leilão a carta fechada de proposta única e o “Vickrey”.

Com o rápido crescimento da Internet também os *leilões* aumentaram a sua popularidade e utilização. Com esta evolução também se foram tornando mais visíveis os seus pontos menos positivos, como por exemplo [Viamonte, 2006]:

- *Atributo único* – a maior parte dos *leilões* centram-se na avaliação de um único atributo, sendo o atributo mais comum o preço;
- *Desincentivo ao consumo* – devido à duração dos *leilões* e à constante atenção que tem de ser dada ao seu desenvolvimento, muitos utilizadores podem simplesmente desistir do seu acompanhamento ou até da sua participação;
- *Cartelizações* – o funcionamento dos *leilões* pode proporcionar o surgimento de falsos compradores com o objectivo de elevar o preço de um item com pouca procura ou então com o objectivo de desincentivar a compra de determinados itens, a determinados vendedores [Wang et al., 2002];
- *Não estimulação ao consumo* – como já foi referida anteriormente, no *comércio electrónico* existe uma fase de *identificação de necessidades*, o que nos *leilões* não se verifica. Pois nos *leilões* o bem já se encontra no mercado e a entidade compradora tem de analisar os existentes para de entre eles decidir qual o que mais lhe interessa.

Este último ponto é um pouco controverso, pois além de retirar a fase de *identificação de necessidades*, os *leilões*, devido à sua forma e publicidade inerente, também criam as necessidades nos compradores, pois o comprador além de não precisar de um determinado

item, se o identificar num *leilão* e ele estiver a um preço que ele avalie como baixo, pode tentar a compra e desta forma até acabar por pagar mais do que estava à espera.

3.5.2. Teoria de jogos

Esta teoria baseia-se num sistema de propostas e contra-propostas trocadas entre os *compradores* e *vendedores*. O objectivo desta teoria é conseguir obter o consenso entre as partes para que seja concretizado o negócio [Byde, 2003][Griss & Letsinger, 2000][Rosenschein e Zlotkin, 1994].

Este mecanismo, apesar de eficaz, não pode ser aplicado a todos os contextos, pois necessita de dois pré-requisitos, muito limitativos: *informação perfeita* e *racionalidade perfeita*.

- *Informação perfeita* – significa que a informação presente no mercado e usada na transacção é compreendida de igual forma por todos os intervenientes;
- *Racionalidade perfeita* – implica que os participantes tenham recursos computacionais praticamente ilimitados (esta necessidade específica surge devido à complexidade associada ao processamento de um elevado número de parâmetros e restrições e obter uma solução em tempo útil). Pois obter uma solução, num espaço de tempo muito grande, pode retirar a sua usabilidade para o problema) e que possuem a informação completa de todo o mercado/transacção, ou seja, que têm toda a informação necessária à realização das suas opções e que essa mesma informação é usada pelos seus concorrentes.

3.5.3. Redes de contrato

As redes de contrato consistem num processo, que é iniciado por um anúncio do produto a transaccionar e que em seguida os possíveis interessados entram em contacto apresentando uma ou mais propostas, terminando com a aceitação, por parte do anunciante, da melhor proposta [Smith, 1980][Paurobally, 2002].

Ao contrário da *Teoria de Jogos*, aqui não são admitidas contra-propostas e decorre em três fases distintas: *pedido de propostas*, *ciclo de ofertas* e *decisão*. Após o decorrer destas fases, e no caso de existir um acordo, ambas as partes ficam comprometidas na satisfação

dos termos acordados e, como também é normal num contrato, ficam sujeitas às multas/penalizações pelo não cumprimento das condições estabelecidas.

As penalizações são estabelecidas por ambas as partes, ou seja, o contratante estabelece um prazo para a entrega do item transaccionado, com penalizações dependendo do tempo extra necessário para a sua entrega. O contratado estabelece por sua vez penalizações para o não cumprimento por parte do contratante de prazos de pagamento ou até da própria conclusão do negócio. Este tipo de protocolo designa-se por um compromisso de níveis.

Este tipo de negociação, pode-se tornar muito complexa, pois qualquer uma das partes pode anular o contrato estabelecido (pagando a respectiva penalização) e assim obrigando o outro contratante a refazer todo o seu plano de *negócio* e a ter de reavaliar todos os pedidos/negócios existentes/pendentes.

3.5.4. Aproximações Heurísticas

Este mecanismo de negociação pressupõe que as partes envolvidas na negociação têm uma conjunto de estratégias de negociação, que definem o comportamento de negociação de uma forma heurística e podem ser classificadas de três formas distintas [Nguyen e Jennings, 2004][Anthony e Jennings, 2003][Faratin et al., 1998]:

- *Táticas dependentes do tempo* – os diferentes intervenientes baseiam as suas propostas no tempo que dispõem para o efeito (ponderando, quer o tempo que já passou desde o início quer o tempo que falta para o seu término);
- *Táticas dependentes dos recursos* – os intervenientes baseiam as suas propostas nos recursos disponíveis;
- *Táticas dependentes do comportamento* – os intervenientes baseiam as suas propostas no comportamento dos seus oponentes, ou seja, adoptando comportamentos similares para a sua própria estratégia ou então imitando totalmente os concorrentes.

3.5.5. Argumentação

Numa negociação baseada em argumentos, as partes envolvidas têm de ser capazes de formular propostas que possam ser soluções para o problemas, neste caso, que possam ser propostas suficientemente interessantes para terminar a transacção de uma forma satisfatória [Yearwood et al., 2000][Kraus et al., 1998][Jennings et al., 1998].

Uma proposta tem por base argumentos relevantes para as partes envolvidas, este processo de argumentação baseado em propostas tem como derradeiro objectivo influenciar os outros intervenientes no negócio a agir de uma forma particular e que beneficie a entidade que realizou a respectiva proposta.

Estes argumentos são expressões que têm por objectivo alterar o decorrer da negociação, alterando as intenções e pressupostos das outras partes envolvidas. Deverá ser tido em conta que se porventura as outras partes envolvidas só tiverem a capacidade de aceitar/rejeitar as propostas, a negociação pode-se tornar muito longa, pois desta forma o agente não sabe por onde evoluir a sua negociação. Para tentar evitar esta situação e assim também aumentar a eficiência deste processo, as partes envolvidas na negociação devem, para além de aceitar/rejeitar as propostas, poder também emitir comentários que justifiquem a decisão tomada, pois só desta forma o agente sabe que caminho seguir para conseguir chegar a um consenso e a um possível acordo.

O comentário pode assumir a forma de [Jennings et al., 1998]:

- *Crítica* – consiste num comentário emitido que justifica a aceitação ou rejeição da proposta recebida;
- *Contra-proposta* – consiste na formulação de uma proposta passível de aceitação, não quer dizer que será a única proposta a poder ser aceite, mas sim uma das possíveis propostas que será aceite. O comentário nestes casos é menos explícito mas, geralmente, é oferecida uma informação mais detalhada.

Se a argumentação se baseasse exclusivamente nestes dois construtores podia dar origem a argumentações sem fundamento e desconexas do objectivo das partes envolvidas. De forma a serem evitadas estas situações foram desenvolvidos os seguintes construtores:

- *Justificação das opções* – tal como o nome indica, são justificadas as opções e as decisões adoptadas;

- *Persuasão* – este construtor tem por objectivo convencer as outras partes envolvidas que a proposta apresentada é a mais correcta e a que mais serve o “interesse comum”.

O negociador tem como principal objectivo tornar a sua proposta o mais aliciante possível, logo fornece o máximo de informação adicional possível na forma de argumentos. Este tipo de estratégia de *aliciamento* pode ter objectivos menos correctos e até tentar uma certa desinformação, tendo em conta este facto a natureza dos argumentos pode levar a [Rahwan e Moraitis, 2008]:

- *Uma penalização* – a não-aceitação da proposta, significa que algo de negativo lhe irá acontecer;
- *Uma recompensa* – em contraponto a alínea anterior, a aceitação da proposta significa que algo de positivo lhe irá acontecer;
- *Um apelo* – tem a função de um aviso, ou seja, leva as partes envolvidas a tomar uma decisão, o que não quer dizer que tomem a decisão a que se sentiriam inclinados a subscrever.

Como foi possível verificar pelos temas abordados e consequente definição, as propostas e contra-propostas, se devidamente acompanhadas por uma explicação, tendencialmente vão conduzir a uma resolução mais rápida da transacção [Parsons et al., 1998].

3.6. Sistemas de Comércio Electrónico

Recorrendo da análise até aqui realizada, podemos concluir que os agentes inteligentes têm uma especial aplicação ao comércio electrónico. Tendo em conta esta afinidade durante os últimos anos foram desenvolvidos vários sistemas, dos quais é possível salientar os seguintes: *AuctionBot*, *Kasbah*, *MAGMA*, *Tête-à-Tête* e, em especial, o sistema ISEM.

O objectivo desta secção é apresentar, de uma forma resumida, as principais características destes sistemas e também fazer uma analogia com as fases de negócio apresentadas anteriormente. Na realização desta análise, além do uso de artigos/publicações específicas a cada um dos sistemas, também foram usadas as análises presentes nos artigos de [Maes et al., 1999], [Boudiaf et al., 2004] e [Viamonte, 2004].

3.6.1. AuctionBot

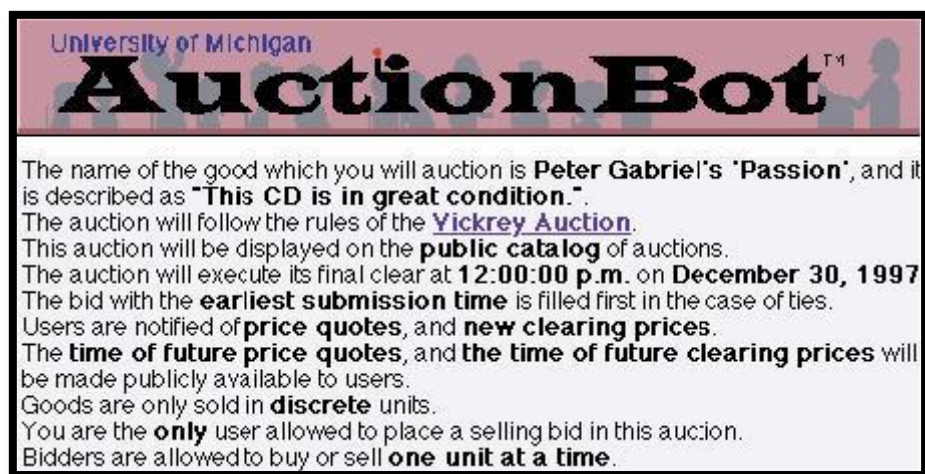


Figura 1 – Informação “tipo”, disponibilizada pelo AuctionBot

Este sistema foi o resultado de um projecto desenvolvido no laboratório de Inteligência Artificial da Universidade de Michigan [Wurman et al., 1998] e tinha como objectivo, não só a sua aplicabilidade ao mercado real, mas também apoiar o desenvolvimento de outros sistemas similares e servir de apoio ao ensino.

Os diferentes utilizadores, após o registo no site, podem criar diferentes leilões, seleccionando o seu tipo de uma lista disponibilizada. O sistema tem uma grande variedade de tipos de leilões disponíveis.

Tendo em conta a sua intenção (compra ou venda), o sistema aglomera as propostas que satisfazem, ou poderão, satisfazer os seus requisitos e apresenta-as aos utilizadores ou por correio electrónico ou por consulta directa no site. Após esta fase entra numa fase de negociação com posterior comunicação de resultados.

Apesar deste sistema apenas cobrir a fase de negociação, disponibiliza aos utilizadores uma ferramenta na qual, têm a capacidade de programar os seus próprios Agentes Inteligentes, pois desta forma os utilizadores conseguem definir as suas próprias estratégias de participação nos leilões.

Como conclusão, é possível dizer que este é um sistema versátil, que permite tanto a intervenção/participação de utilizadores humanos como de Agentes inteligentes, e que o seu principal objectivo (a vertente académica) foi atingido, pois a Interface de Programação de Aplicativos (IPA, mais comumente conhecida pelo termo em Inglês, API “*Application Programming Interface*”) desenvolvida permite um desenvolvimento mais rápido e simples

de plataformas do mesmo tipo, assim também facilitando uma maior massificação deste tipo de sistemas [Wurman et al., 1998].

3.6.2. Kasbah

The screenshot shows the Kasbah interface with the following elements:

- Question: "When do you want to sell the above good by?"
- Form fields: "July", "28", "1997", "by", "1", "00", "pm".
- Question: "What is your desired price?" with a text input field containing "20".
- Question: "What is the lowest possible price you are willing to sell for?" with a text input field containing "10".
- Question: "What kind of price decay function do you want to use?"
- Three radio button options, each with a graph labeled "Time":
 - Option 1: A linear graph showing a straight line from top-left to bottom-right. The radio button is unselected.
 - Option 2: A quadratic graph showing a curve starting at the top-left and curving down to the bottom-right. The radio button is unselected.
 - Option 3: An exponential graph showing a curve starting at the top-left and dropping sharply towards the bottom-right. The radio button is selected.
- Logo: "Kasbah the virtual agent marketplace" in the top right corner.

Figura 2 – Interface de inscrição do *Kasbah*

Este projecto desenvolvido pelo *MIT Media Lab's* é um sistema multi-agente online, que permite transacções entre os diferentes utilizadores. Estes, por sua vez, criam os seus agentes, dão algumas orientações estratégicas e, tendo em conta estes parâmetros, tentam arranjar negócios satisfatórios para o utilizador.

Aquando da entrada do agente no sistema, o agente realiza, demonstrando uma atitude pró-activa, um levantamento dos agentes disponíveis e com os quais existe a possibilidade de realizar negócio. A partir daqui é iniciado o processo de negociação propriamente dito, onde são realizadas propostas e contra-propostas, durando várias rondas, tendo em conta os parâmetros pré-estabelecidos, baseando-se numa de três estratégias: "ansioso", "sangue frio" e "puro economista". Cada uma destas estratégias é baseada numa função que indica de que forma deve evoluir o aumento das propostas, estas funções são: linear ("ansioso"), quadrática ("sangue frio") e exponencial ("puro economista"). Este processo de negociação termina quando é atingido o tempo limite do negócio ou quando é atingido um acordo satisfatório para as diferentes partes [Maes et al., 1999].

Além destas características, o *Kasbah*, também possui um mecanismo de avaliação de "confiança e reputação". O uso deste mecanismo depende da avaliação dada (quer pelo vendedor, quer pelo comprador) por cada uma das partes envolvidas relativamente ao "desempenho" da outra.

Concluindo, este sistema contempla parte da fase de informação do negócio e a fase de negociação.

3.6.3. MAGMA

O MAGMA (Minnesota AGent Marketplace Architecture) [Dasgupta, et al., 1998] [Tsvetovatyy et al., 1997] é uma arquitectura que tem por objectivo simular os mercados reais na plenitude do seu funcionamento, especificamente os leilões. As várias entidades que podem estar envolvidas nestes diferentes processos de mercado são representadas através de agentes inteligentes. Estes agentes usam *sockets* para comunicar, mas não comunicam directamente entre si, em vez disso, usam uma central que contém a informação de contacto de todos os agentes e que tem por função disponibilizar os seus nomes uns aos outros e reencaminhar para o destinatário correcto, as mensagens enviadas.

Este sistema só contempla a fase de informação. É necessário fazer a ressalva que esta arquitectura tem por objectivo facilitar uma rápida implementação de todo o sistema de comunicação e todas as estruturas acessórias ao mercado electrónico.

3.6.4. Tête-à-Tête

Este sistema de comércio electrónico permite uma avaliação baseada em multi-atributos e ao contrário de outros usa uma técnica colaborativa entre os agentes, de forma a ser possível otimizar o processo de pesquisa de informação e o processo de negociação [Guttman et al., 1998] [Guttman e Maes, 1998b].

O processo de negociação baseia-se numa troca de propostas e contra-propostas, que podem ser complementadas por críticas que ajudam o agente receptor a adaptar a sua próxima proposta de forma a corresponder mais às expectativas de ambos e assim ser possível chegar mais rapidamente a um consenso.

Este sistema suporta a fase de informação inicial mas além de promover a correspondência entre a oferta e a procura também é realizada a pesquisa de forma a encontrar parceiros para o processo colaborativo e a respectiva fase de negociação.

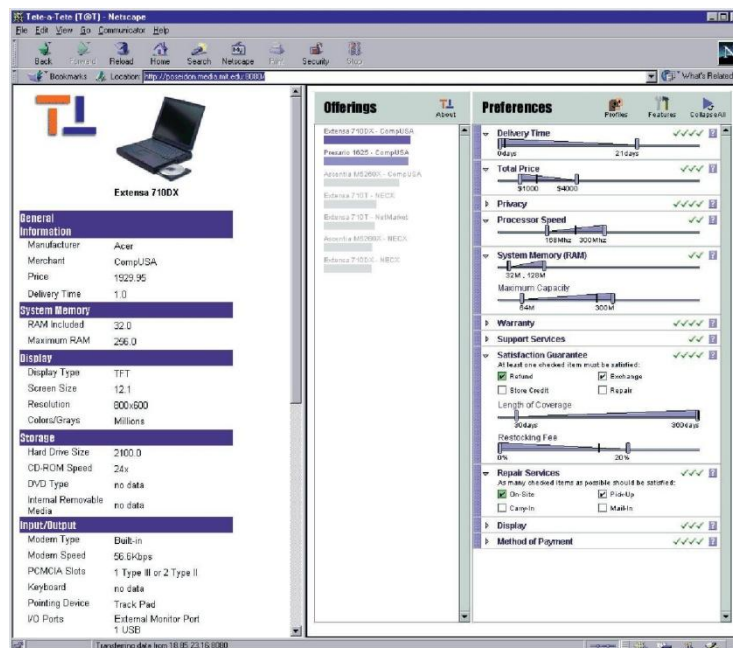


Figura 3 – Exemplo de sugestão, tendo em conta os parâmetros definidos

3.6.5. ISEM

Este sistema desenvolvido pelo Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão (GECAD) [Viamonte et al., 2006] [Viamonte, 2004] tem por objectivo analisar, através da simulação, mercados multi-agente.

Desta forma pretende-se analisar os comportamentos quer dos compradores quer dos vendedores de forma a melhorar a sua performance na avaliação dos diferentes parâmetros passíveis de relevância na tomada de decisão.

Os agentes presentes no sistema (compradores e vendedores) conseguem ponderar vários parâmetros aquando da negociação e consequente tomada de decisão, além disto têm a capacidade de adaptar a sua estratégia consoante as acções/decisões tomadas pelo utilizador. Também é dada uma grande relevância ao mercado envolvente à transacção, pois os agentes têm capacidade de recolha de informação do mercado para desta forma conseguirem avaliar a conjuntura em que estão inseridos.

Este sistema suporta a fase de informação, usando agentes facilitadores de forma a otimizar o encontro de interesses dos vários agentes. Também suporta a fase de negociação de uma forma bastante completa e baseada na avaliação de vários parâmetros de decisão.

Deve ainda ser referido que são usados processos de extracção de conhecimento, nomeadamente: *clustering*, classificação e operações de associação. Esta forma de análise dos dados das transacções representa uma mais-valia no desenvolvimento/aprendizagem dos agentes.

3.6.6. Análise Comparativa

Recorrendo à análise individual feita, torna-se possível realizar uma análise comparativa entre todos os sistemas. Esta análise será feita centrando-se no ciclo de vida das transacções de negócio.

Tal como já foi referido anteriormente, a fase de Informação é composta por três subfases: identificação de necessidades, procura de produtos e identificação de vendedores. Dos sistemas abordados só o sistema ISEM suporta a identificação de necessidades, quase todos suportam a identificação de vendedores e só o Tête-à-Tête e o ISEM suportam a pesquisa de produtos.

Todos os sistemas suportam, embora de forma diferente, a fase de negociação. Alguns suportam através de leilões, directa, bilateral ou então através de funções multi-atributo.

Por fim, a fase de resolução não é suportada por nenhum dos sistemas.

Merecem uma atenção especial os Algoritmos de Descoberta de Dados usados pelo sistema ISEM, pois permite uma formulação de um melhor conhecimento, quer dos agentes, quer do mercado em si [Viamonte, 2004] e a utilização por parte do Tête-à-Tête da avaliação de reputação e confiança dos diferentes agentes.

3.7. Conclusão

Tendo em conta o texto escrito até aqui, torna-se necessário realizar uma retrospectiva do comércio tradicional de forma a ser possível fazer uma comparação com o comércio electrónico.

O comércio tradicional tem várias características, entre elas, as seguintes têm especial relevância:

- Existe uma limitação geográfica;
- Está disponível durante um determinado período de tempo;
- Têm de obedecer às leis locais;
- “Humanização” das transferências.

Dos pontos supra-referidos o comércio electrónico consegue colmatar/melhorar de forma extremamente clara três deles, ou seja, o comércio electrónico está disseminado pela Internet o que permite que seja acedido por qualquer local com acesso à Internet; ao contrário do comércio tradicional, o comércio electrónico não se encontra limitado a uma “horário de funcionamento” nem a um fuso horário; os mercados electrónicos obedecem a uma lei própria e, pela própria natureza da internet, flexível, que se adapta às condições vigentes.

O quarto ponto é objecto de constante investigação, pois sendo o mais “humano”, é também o mais difícil de representar nos mercados electrónicos e de implementar/fornecer aos Agentes Inteligentes. Neste ponto estão englobadas várias características, dentre as quais é possível salientar:

- Sensibilidade dos intervenientes;
- Confiança e reputação;
 - Torna-se necessário integrar aqui uma componente do primeiro ponto referido anteriormente, que é o local físico de uma loja, pois o facto de uma loja existir fisicamente num determinado sítio dá mais segurança ao comprador, porque se porventura for necessário fazer uma reclamação ou uma troca, tem um local onde se pode dirigir.
- Personalidades;
- Aprendizagem.

Estas características permitem uma maior evolução da implantação/expansão dos mercados electrónicos e evidenciam de forma clara a aplicabilidade dos Agentes Inteligentes e dos Sistemas Multi-Agente, sendo possível até especular se não será uma área de aplicação natural.

Existe uma tendência cada vez mais comum para a passagem do comércio tradicional para comércio electrónico, contudo demorará vários anos ou décadas à conversão de certo tipo de comércio devido a motivos, entre outros, legais (Este tipo de comércio não possui uma

legislação inequívoca associada) e financeiros (Os custos associados à virtualização do negócio podem ser elevados e a perda de receitas, por parte dos Governos, com esta virtualização).

4. Credibilidade e Reputação em Agentes

4.1. Introdução

Nesta secção irá ser abordado o tema da credibilidade e reputação em agentes inteligentes. Primeiramente será abordado o conceito de credibilidade, ou seja, será explicado este conceito, serão dados exemplos da sua aplicação e de todo o processo decorrente do planeamento da confiança. No que toca à reputação, serão dados exemplos de modelos de recolha, processamento e dedução da reputação de um agente tendo por base experiências realizadas pelo próprio ou por outros agentes.

4.2. Conceito de Credibilidade

Para uma melhor introdução a este tema é imperativo definir o conceito de credibilidade. Credibilidade pode ser definida, como a qualidade de algo ou alguém que é credível, ou seja, a qualidade de algo ou alguém em quem se pode confiar. Também é possível definir credibilidade, no contexto do comércio electrónico, como sendo a expectativa de que um “indivíduo”, com o qual procedemos a um negócio, vai cumprir os termos acordados por ambas as partes [Hussin e Macaulay, 2003].

Ao longo dos anos a quantidade compradores online, tem vindo a aumentar de forma circunstancial [Georgiou and Stefaneas, 2002][Dekleva, 2000][Menasce, 2000], mas devido a uma falta de credibilidade não se verifica um crescimento mais acentuado [Gefen, 2002][Dkleva, 2000].

Por esta razão a credibilidade ganha extrema importância neste tipo de mercado, pois como os sistemas distribuídos estão em constante mudança é necessária a existência de uma métrica capaz de, efectivamente e eficazmente, ajudar à realização de interacções entre as diferentes entidades.

Outra razão, que viabiliza a aposta na investigação da credibilidade, é o aumento que se tem verificado da complexidade geral dos sistemas. Existe a complexidade inerente às

próprias transacções em si, pois envolvem a avaliação de várias variáveis (por exemplo: a quantidade necessária, o tempo de entrega, preço por unidade, etc.) e com toda esta complexidade e risco inerente a cada transacção, a avaliação da credibilidade torna-se numa mais-valia.

Neste tipo de sistemas (autónomos e distintos) as interacções têm particular importância. Em sistemas autónomos, como é o caso, os diferentes agentes encontram-se distribuídos, e para uma interacção efectiva e bem sucedida, foram desenvolvidos modelos de interacção para compreender a coordenação [Jennings, 1993], a colaboração [Pyadath e Tambe, 2002] e a negociação [Rosenschein e Zlotkin, 1994].

Tal como foi demonstrado até agora, este tema suscita uma incessante procura por evolução e novos desafios. Destes novos desafios é possível salientar os seguintes:

- Os agentes representam entidades com diferentes interesses e formas de avaliação de um negócio [von Neuman and Morgenstern, 1944];
- Em geral, este tipo de sistemas é aberto, ou seja, um agente pode *entrar* e *sair*, sempre que o desejar. Logo é necessário colmatar o facto de um agente poder tentar enganar os outros agentes (por exemplo: criar situações de inflação de preços de mercadorias, cartelização, realizar um venda de um produto de baixa qualidade como sendo de uma qualidade elevada, etc.);
- Tendo em conta a morfologia deste tipo de sistemas, existe a possibilidade que os agentes sejam heterogéneos, ou seja, tenham características totalmente diferentes, logo e para que seja possível rodear estas limitações, é necessário dotar os agentes da capacidade de interagir uns com os outros.

Tal como foi referido anteriormente, o conceito de credibilidade, no contexto dos agentes inteligentes, é uma expectativa subjectiva de um agente, relativamente ao comportamento de outro agente no futuro [Mui et al., 2002]. Ou seja, até que ponto o agente vai cumprir com o acordado (revelando honestidade e confiança), se vai mostrar recíproco a negócios que contemplem o melhor para os envolvidos e também não tenta criar situações de “fraude” para ganho exclusivamente seu.

Neste tipo de sistemas abertos e na morfologia inerente ao comércio electrónico, torna-se imperativo dotar os agentes de modelos de confiança. Para que isto se torne uma realidade é necessário que os agentes tenham a capacidade de avaliar diferentes características dos parceiros no negócio (como por exemplo: a sua natureza, fiabilidade, honestidade e reciprocidade). Através da avaliação destes parâmetros e da aplicação dos modelos de credibilidade é possível determinar o grau de credibilidade. Assim um agente com um

elevado grau de credibilidade, terá a grande probabilidade de ser o escolhido para uma determinada transacção. Sendo que, no inverso, um agente que tenha um grau baixo de credibilidade, pode ser logo excluído da negociação ou então ser adoptada uma estratégia menos recíproca por parte do agente na negociação.

Estas informações, necessárias para a elaboração dos modelos de credibilidade, têm de ser obtidas por parte dos agentes ou através de *interacção directa* ou então de *interacção indirecta*. A *interacção directa* consiste na obtenção de informação necessária através de interacções sucessivas com outros agentes, desta forma é possível aprender e desenvolver estratégias para lidar quer com agentes de confiança quer com agentes maliciosos. A *interacção indirecta* surge da necessidade de obter informação do agente em causa através de outros agentes. Claro que também é necessário ponderar essa informação, tendo por base a própria confiança no agente que fornece a informação.

Além da confiança resultante das interacções entre os agentes, também existem protocolos e mecanismos de regulamentação das interacções realizadas. Estes protocolos existem com o objectivo de agilizar o processo de negociação. Claro que também é necessário ter confiança no próprio sistema que regulamenta a aplicação dos protocolos acordados como sendo os adaptados a negociação vigente.

Sendo assim, a confiança pode ser definida em duas formas distintas:

1. *Credibilidade a nível individual* – Neste caso o agente assume que os outros agentes, com quem ele interage, são credíveis e recíprocos.
2. *Credibilidade a nível do sistema* – Os diferentes agentes que negociam, são obrigados a serem credíveis por um conjunto de protocolos.

A relação entre estes dois tipos de confiança é muito próxima. Os protocolos implementados pelo sistema, podem provocar uma certa falta de eficiência, logo, neste caso, os modelos de confiança de um agente são importantes para a orientação das decisões a tomar. Enquanto sistemas que não utilizem modelos de confiança sobrecarregam os modelos de confiança individuais do agente. Pois este pode não conseguir lidar com toda a incerteza do ambiente que o rodeia, isto é, nestes casos os protocolos implementados pelos modelos de confiança do sistema são úteis para reduzir esta incerteza e apoiar o agente na sua avaliação de credibilidade.

O conceito de Credibilidade aplicado aos agentes

Um agente quando se encontra numa situação de negociação ou até pré-negociação, realiza uma primeira triagem para avaliar quais os potenciais agentes, com o qual querará encetar uma negociação. Após esta triagem é necessário decidir a estratégia a adoptar para a negociação propriamente dita. Nesta estratégia que é definida tem de constar a resposta a questões como: quem, quando e como. Em seguida serão exemplificadas algumas formas de descobrir as respostas para estas questões:

- O agente pode interagir com todos os potenciais agentes, de forma a compreender a sua estratégia e se são credíveis ou não. Após estas interações é possível compreender a estratégia de cada um, o agente deverá conceber uma estratégia para lidar com o agente mais credível ou então definir uma estratégia para lidar com um agente, que além de não ser o mais credível, é o que oferece melhores hipóteses de um melhor negócio.
- O agente pode “perguntar” a “opinião” sobre os potenciais agentes a outros agentes presentes no sistema, que tiveram interações e conclusões de negócios, com esses mesmos agentes. Caso o agente classifique as “opiniões” fornecidas como credíveis, pode então tomar a decisão de seguir directamente para a negociação com o agente que tenha sido considerado o mais favorável, ou então, pode usar essas “opiniões” para limitar ainda mais a lista dos potenciais agentes com quem é possível negociar (numa referencia ao texto anterior é possível dizer que este é um tipo das *interacções indirectas*).
- Se no sistema existir um agente ou até uma entidade externa de validação, o agente pode a eles recorrer para ter uma opinião “idónea” sobre os agentes presentes no sistema.
- O agente pode tentar caracterizar as motivações conhecidas dos outros agentes. Este processo é bastante complexo, pois envolve a formação de opiniões baseadas nessas mesmas características e através delas determinar a credibilidade a atribuir.

Como é possível verificar pelos exemplos dados, os agentes têm de ter uma constante evolução, isto é, têm de estar em constante aprendizagem para uma melhor adaptação à própria mudança dos outros agentes e à entrada de agentes com “perfis” de credibilidade não conhecidos. Esta evolução depende da avaliação de factores como: a aprendizagem, a reputação e a sócio-cognitividade. Estes modelos serão explorados nas secções seguintes.

4.2.1. Credibilidade baseada na aprendizagem e evolução

Este tipo de credibilidade resulta de interacções directas entre os interessados num determinado negócio. Baseia-se também numa forte componente social, os agentes têm de interagir várias vezes para serem capazes de avaliar a credibilidade que podem depositar no parceiro [Molm et al., 2000] [Carley, 1991] [Prietula, 2000] [Yamagishi et al., 1998] [Dasgupta, 1998]. De acordo com [Dasgupta, 1998] os agentes, tem associados a eles, a tendência de tentarem provocar uma falha, isto significa, provocar algo no processo de negociação que lhe permita tirar algum benefício “ilícito”, por exemplo: tentar vender bens de qualidade inferior a preço de qualidade superior, não satisfazer os termos de um contracto, entre outros.

Este tipo de estratégias pode permitir um ganho significativo ao agente que provoca a falha, mas a longo prazo vai ter prejuízos, pois os agentes que são “enganados” têm a tendência de ir arriscando menos e principalmente tentar evitar negociar novamente com os agentes que não cumpriram o contratado. Em contraponto, uma cooperação activa e justa, permite que ao longo prazo seja possível criar boas relações e assim realizar maior volume de negócios [Binmore, 2004] [Axelrod, 1984].

Este tipo de interacções são também comparadas com a teoria de jogos, pois um “jogador” avalia o “adversário” e verifica qual será a jogada que possivelmente vai realizar. Assim sendo, um “jogador” tentará sempre optar pela jogada mais segura, em detrimento de uma jogada mais rentável. Neste caso se um agente acredita que o outro é recíproco e que pode alinhar numa estratégia conjunta, ambos podem tirar elevados benefícios, caso contrário, ambos podem terminar obtendo benefícios abaixo dos desejados. Para a validação dos modelos de credibilidade, de acordo com esta teoria, o jogo tem de ser repetido várias vezes, para os modelos serem sólidos [Fatima et al., 2004] [Parsons & Wooldridge, 2002] [von Neuman & Morgenstern, 1944].

Em seguida iram ser analisados alguns modelos que evidenciam a evolução da aprendizagem, credibilidade e da cooperação:

- Axelrod, 1984 – Os torneios *Axelrod* são um exemplo de estratégias de evolução de confiança e cooperação. Estes torneios centram-se no “dilema dos prisioneiros” (este jogo baseia-se na interacção entre dois prisioneiros que têm de decidir entre cooperarem ou não. É necessário ter em conta que se ambos cooperarem recebem 3 pontos cada, se porventura um cooperar e o outro não, o “diletante” recebe 5 pontos e o outro nenhum, por fim, se ambos não cooperarem, recebem só 1 ponto

[AXELROD TOURNAMENT, 2006]). Das várias estratégias que foram testadas para a resolução deste “dilema”, a que mais sucesso teve foi a estratégia “tit-for-tat” (esta estratégia defende uma resposta igual à dada pelo outro jogador, ou seja, se um jogador coopera o outro também cooperará, caso um não coopere o outro também não cooperará), esta estratégia revela os princípios de confiança, pois premeia a cooperação e pune os comportamentos de desconfiança demonstrados. Desta forma se ambos cooperarem obtém resultados elevados, caso nenhum dos dois coopere, além de os resultados serem inferiores, continuam a ser superiores a outras estratégias.

- Wu e Sun, 2001 – É portanto necessário que exista uma adaptação constante, da estratégia escolhida em cada situação, para desta forma minimizar as perdas e maximizar a cooperação. Wu e Sun defendem que com esta adaptação constante de estratégia, a confiança pode surgir, ser desenvolvida, ao longo das interações realizadas.
- Sen e Dutta, 2002 – De acordo com os estudos realizados. Foi possível perceber que caso o número de agentes cooperativos for grande e o número de interações for pequeno, existe uma forte possibilidade de os agentes “enganadores” serem bem sucedidos, no entanto, as estratégias recíprocas são sinónimo de sucesso em todos os outros cenários.
- Mui et al., 2002 – Mui e tal., provam através do seu modelo probabilístico de confiança que tem de existir um número mínimo de interações para que seja possível criar uma relação de confiança entre os agentes intervenientes na negociação.

Os modelos que foram apresentados supõem a utilização de modelos de aprendizagem evolutivos. Por sua vez, é assumido que para a utilização destes modelos é necessário possuir a informação completa relativa às transacções e intervenientes. Estes modelos têm apresentado os resultados explicitados acima. Resultados que possuem elevados índices de qualidade, mas obtidos através de simulações e em ambientes controlados. Também a maior parte dos cenários compreende interações que variam entre dois estados (Cooperativo ou “falso”), quando na realidade os agentes deveriam de descortinar até que ponto a maneira de agir, por parte dos outros agentes, está a influenciar a concretização dos seus objectivos. Para a concretização destes objectivos é necessária a criação de métricas de credibilidade que estejam de acordo com a realidade.

A capacidade de um agente modelar a credibilidade, está intimamente dependente da capacidade do mesmo conseguir avaliar a performance do agente com quem está a negociar, além de avaliar a performance também tem de ter a capacidade de armazenar

estas avaliações para futuras consultas, para desta forma ser possível ir actualizando esse valor ao longo das interacções mantidas entre ambos. Witkowski, propõe um modelo que se baseia nestas premissas, pois a credibilidade num determinado agente é calculada baseada na performance demonstrada em interacções passadas [Witkowski et al., 2001]. Esta proposta de Witkowski está integrada no contexto do comércio de telecomunicações. Os agentes negociam a largura de banda, numa relação entre a qualidade e a quantidade, ou seja, esta relação entre estes dois parâmetros depende da credibilidade existente entre os vendedores e os compradores. Nomeadamente, os agentes compradores actualizam os seus valores de credibilidade dependendo da relação entre as ofertas e o bem recebido, isto é, se a qualidade for a esperada irá existir um aumento de credibilidade, caso contrário um decréscimo. Este valor da credibilidade tem influência directa nos futuros negócios, pois um agente comprador no futuro vai negociar com maior frequência, mais facilmente, com agentes que tenham um elevado grau de credibilidade. Por sua vez, os agentes fornecedores actualizam o valor da sua credibilidade dependendo da utilização da largura de banda por parte dos clientes, ou seja, se um agente cliente usa toda a largura de banda disponibilizada, a credibilidade por parte do fornecedor aumenta. Mas se porventura não a usa totalmente, a credibilidade diminui, pois o agente fornecedor interpreta que o agente cliente foi desonesto ao pedir uma largura de banda que na realidade não precisava.

Enquanto Witkowski usa a relação entre a disponibilização e utilização de largura de banda para simplificar o cálculo da credibilidade existente entre os agentes que participam no sistema, também existem outros sistemas que valiam a performance de um agente como sendo “boa” ou “má” [Mui et al., 2002][Sen e Sajja, 2002][Schillo et al., 2000]. Os resultados deste tipo de sistemas são satisfatórios em simulações efectuadas em ambientes controlados mas em ambientes mais realistas, os resultados não possuem a mesma eficácia devido ao elevado nível de complexidade (nestes ambientes mais realistas é necessário, por exemplo, avaliar a qualidade dos bens, tempos de entrega, entre outros.), inerente a este tipo de interacções.

De forma a ultrapassar esta limitação foi desenvolvido o sistema Regret. Este sistema não se limita a avaliar a performance baseando-se em dois valores, nem através de uma medida eficiente, mas atribui uma ambiguidade à noção de performance [Sabater, 2004][Sabater e Sierra, 2002]. Um dos pontos importantes na avaliação fornecida por este sistema é o facto de a avaliação ser dependente do contexto, ou seja, numa determinada situação com determinados parâmetros de avaliação pode ser devolvido um resultado final, no entanto noutro contexto, com valores de avaliação similares o resultado a ser devolvido pode ser diferente. Um exemplo base deste tipo de avaliação é a atribuição da nota -1 para uma má performance por parte do agente avaliado, 0 para uma performance normal e +1 para uma

boa performance. Estes valores finais estão dependentes de vários outros parâmetros, como por exemplo: um determinado agente pode dar uma satisfação de -0,5 relativamente à data de entrega dos bens e o valor de +1 para o preço total proposto pelo fornecedor. Com base nestes diferentes parâmetros é calculado um valor representativo da credibilidade naquele agente. Este sistema, ao contrário do proposto por Witkowski, não se baseia apenas em interacções directas entre os agentes, mas sim também nas interacções com outros agentes presentes no sistema. Esta solução foi desenvolvida para colmatar um problema que surgia, caso o cálculo da credibilidade num determinado agente tivesse por base, pura e simplesmente, a interacção directa, pois num sistema aberto tornava-se muito complicado para um agente aplicar um modelo de avaliação de credibilidade se não possuísse um histórico de interacções com um determinado agente. Assim o agente entra em contacto com agentes presentes no sistema, que já tenham negociado com os agentes com os quais ele pondera negociar, com o objectivo de saber a opinião deles.

Este método realmente colmata a falha referida anteriormente, mas levanta uma outra questão, que é a própria avaliação do nível de credibilidade que se pode atribuir à opinião dada por estes agentes. Estes problemas serão analisados em maior pormenor na secção 4.3 na qual são abordados os modelos de reputação.

4.2.2. Modelos sócio-cognitivos de credibilidade

Nas abordagens anteriores é usada a avaliação das interacções para possibilitar a avaliação da credibilidade. Além das técnicas anteriores se mostrarem eficazes na avaliação da fiabilidade de um agente pode ser importante na avaliação da credibilidade. Este tipo de análise traz a mais-valia de possibilitar uma avaliação compreensiva das características de um agente [Dasgupta, 1998]. Uma avaliação compreensiva de um agente adversário significa, por exemplo, a avaliação das suas capacidades e ferramentas para realizar uma determinada tarefa.

Baseados nesta lógica, Falcone e Castelfranchi em 2001 afirmam que é necessário existir uma visão cognitiva da confiança. Para ser possível esta visão, eles definiram que as seguintes características são essenciais para determinar o valor da credibilidade a depositar num determinado agente: *competência, tendência, persistência, motivação* [Falcone & Castelfranchi, 2001a] [Falcone & Castelfranchi, 2001b]. Estas características influenciam diferentemente o cálculo do valor da credibilidade, mas devem ser interpretadas em conjunto, ou seja, além de terem influências diferentes sobre o valor final da credibilidade, são inter-dependentes. Por exemplo, a competência é um requisito fundamental para a

realização do negócio, enquanto a motivação pode variar com o decorrer da negociação e as propostas realizadas de parte a parte, consoante benefícios que tragam a cada um dos intervenientes.

Em contraponto a esta abordagem, Brainov e Sandholm propõem uma abordagem racional para modelar a credibilidade de um determinado adversário [Brainov e Sandholm, 1999]. O problema da credibilidade é abordado através de contratos não vinculativos, ou seja, estes contratos têm por objectivo permitir um melhor cálculo da credibilidade no outro agente com quem está a negociar. Sem esta estimativa os agentes têm tendência a subestimar e a “protegerem-se” nas propostas que apresentam, logo, podem demorar mais tempo a chegar a um entendimento e o ganho pode não ser o esperado. Juntamente com o cumprimento destes “pré-contratos”, os agentes também devem dar a conhecer a credibilidade que nutrem pelo outro agente, para que desta forma seja mais fácil e eficiente, as estratégias que ambos definem para as suas interações.

Como conclusão é possível verificar que além da abordagem sócio-cognitiva possuir uma visão mais ampla sobre o contexto que rodeia o sistema, comparada com as abordagens que se baseiam na aprendizagem (analisadas anteriormente) tem uma pior performance. Estas duas abordagens podiam ser utilizadas em conjunto, ou seja, aplicar a abordagem sócio-cognitiva à informação recolhida através do modelo de aprendizagem e formular um núcleo de requisitos. Esta seria uma abordagem conjunta que traria vantagens à avaliação da credibilidade de um determinado agente, mas este processo poderia tornar-se computacionalmente impraticável, principalmente devido ao facto do agente em causa ter de processar todos os factores que afectam o valor correspondente à credibilidade de um determinado agente e, além deste facto, o agente em causa também necessitava de ultrapassar a sua “limitação” quanto à capacidade de obter informação a partir das várias fontes presentes no sistema. Por estas razões, deve existir uma aposta na definição das regras relativas à negociação, pois assim é evitada alguma complexidade na avaliação da credibilidade. Claro que estas regras também podem limitar a capacidade de avaliação dos agentes e podem até induzir em erro a avaliação realizada por parte do agente.

4.2.3. Mecanismos de segurança

Em todos os sistemas que têm por base a Internet, deve sempre existir uma especial preocupação com a segurança. Neste contexto, a confiança é utilizada para descrever como um utilizador pode provar, de forma efectiva, a sua identidade [Mass e Shehory, 2001]. Um método possível para fazer esta autenticação é a identidade do utilizador ser validada por

uma entidade de reconhecida confiança e exterior ao sistema [Grandison e Sloman, 2000]. Este conceito de credibilidade ainda não tinha sido referido ao longo deste documento, mas não deixa de ser necessário, pois como é possível criar uma relação crível se não é válido que “quem está do outro lado realmente é quem diz ser?”.

Tendo em conta estas exigências, *Poslad* (2002), propuseram um conjunto de parâmetros de segurança que, de acordo com os próprios, é essencial para que exista credibilidade [Poslad et al., 2002]. De todos os parâmetros destacam-se os seguintes:

- Identidade – refere-se à capacidade de determinar a identidade de uma entidade;
- Permissões de acesso – referem-se à capacidade de determinar as permissões de acesso de um determinado agente, dependendo da sua identidade;
- Integridade do conteúdo – refere-se à capacidade de determinar se alguma parte de uma mensagem foi alterada desde o emissor para o receptor;
- Privacidade do conteúdo – refere-se à capacidade de garantir que só a entidade à qual se destina uma mensagem a pode visualizar.

Esta teoria não garante uma interacção fidedigna e crível, simplesmente garante que quem se encontra no sistema teve que passar por um sistema de validação. Um mecanismo de segurança que tenha como objectivo aumentar a credibilidade presente no sistema, deve entregar os “certificados de segurança” com o decorrer das interacções que os agentes mantêm no sistema.

Com objectivo de colmatar esta falha, Herzberg (2000), apresentou uma proposta para um mecanismo que tinha por base a implementação de políticas de segurança, ou seja, seriam atribuídos papéis aos participantes de forma a regulamentar quais os direitos ou deveres que um determinado agente tinha para com o sistema [Herzberg et al., 2000]. Desta forma um outro agente pode assegurar-se que o novo agente está efectivamente a cumprir as regras inerentes ao papel que lhe foi atribuído. Estes papéis não precisam de ser atribuídos por uma entidade específica, pois cada agente pode atribuir papéis que possuam permissões iguais ou inferiores às suas. Desta forma um agente pode evoluir para papéis que possuam mais permissões e aumentar a sua cota de atribuição de certificados. Este processo permite um crescimento distribuído da credibilidade entre as várias partes num ambiente aberto [Mass e Shehory, 2001].

4.3. Conceito de Reputação

A definição de reputação, de acordo com o dicionário de língua Inglesa de Oxford, é “As crenças ou opiniões que são geralmente realizadas sobre alguém ou algo.” [OXFORD, 2009]. Esta avaliação, tal como a relativa à credibilidade, é gerada constantemente e actualizada ao longo das interacções. Por sua vez, estas interacções podem ser realizadas de forma directa ou então através de informação fornecida por outros membros presentes no sistema e que interagiram de alguma forma com o agente com o qual desejamos negociar. Tendo em conta estas fontes de informação para a construção da reputação de um determinado agente é possível dizer que existem duas dimensões de reputação: dimensão individual (acontece a partir de interacção directa) e dimensão social (depende da informação dada por outros membros presentes no sistema) [Gutowska e Buckley, 2008a] [Gutowska e Buckley, 2008b].

Este tipo de avaliação é mais uma tentativa de reduzir a diferença entre a avaliação realizada pelos seres humanos e a realizada pelos agentes inteligentes. Pois quando um de nós tem de tomar uma decisão também recorre à reputação para ter mais um parâmetro de avaliação para uma boa decisão. E tal como nos seres humanos, a reputação é um conceito que está intimamente ligado à subjectividade, pois cada membro de uma determinada sociedade tem a sua própria interpretação da reputação de uma determinada entidade.

Dois exemplos muito conhecidos da aplicação do conceito de reputação são os websites da *Amazon*³ e do *eBay*⁴. Nestes dois sites de comércio electrónico, a reputação é o resultado da agregação de todas as opiniões dadas pelos utilizadores relativamente às relações comerciais que tiveram no passado.

Em seguida irão ser analisados alguns modelos de aplicação do conceito de reputação.

4.3.1. Sporas

O Sporas [Zacharia, 1999] é um modelo de reputação muito interessante, até é possível dizer que vai um pouco mais além, pois introduz a noção de fiabilidade da reputação e não é tão sensível a mudanças de comportamento por parte do utilizador, isto porque a avaliação da reputação é baseada na média das avaliações dadas, o que é uma mais-valia, pois

³ www.amazon.co.uk

⁴ www.ebay.co.uk

incentiva os agentes a terem um comportamento correcto para criarem uma reputação sólida porque tendo uma reputação sólida torna-se mais difícil no futuro serem muito afectados por uma nota negativa que lhes seja dada.

O mecanismo implementado pelo Sporas tem por base os seguintes princípios [Zacharia, 1999]:

- Quando um novo agente entra no sistema começa com um valor mínimo de reputação;
- A reputação de uma entidade presente no sistema nunca é inferior a uma nova entidade;
- A reputação é actualizada consoante a avaliação dada aquando da transacção;
- Cada par de entidades só se pode avaliar uma vez. Para desta forma evitar que duas entidades subam “ilegalmente” a sua reputação. Caso tenham mais que uma interacção, conta a última avaliação dada;
- A reputação é actualizada com o decorrer do tempo, ou seja, as avaliações mais recentes têm mais peso que as mais antigas.

Este sistema além de dar um peso mais relevante às últimas avaliações recebidas também pondera de uma forma diferente uma avaliação dada por uma entidade com uma elevada reputação ou uma com uma reputação inferior, pois, teoricamente, a avaliação dada por a entidade com uma maior reputação será de maior confiança [Gómez et al., 2008].

4.3.2. Histos

Este sistema está extremamente relacionado com o fenómeno das redes sociais. Para este sistema ser eficaz, tem de existir uma rede de conhecimentos muito populada [Zacharia, 1999]. Este sistema parte do princípio “*Pretty Good Privacy*” (PGP), que afirma que seres que se relacionam socialmente têm tendência a confiar mais em pessoas recomendadas por pessoas nas quais nós temos alguma confiança [Garfinkel, 1994]. Este princípio é usado para a construção de uma rede de confiança [Khare e Rifkin, 1997] que pondera, para a sua construção, as avaliações dadas por cada um das entidades presentes no sistema.

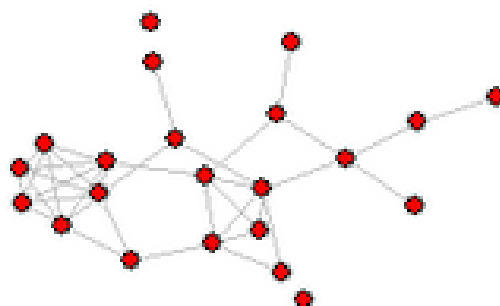


Figura 4 – Modelo de avaliação da construção de uma rede de confiança

Na Figura 4 é possível ver um exemplo da representação do modelo de avaliação usado, ou seja, os utilizadores são representados como nós de um grafo e a avaliação dada por cada um deles é uma ligação direccionada que tem pesos diferentes consoante o valor da avaliação dada.

Quando um determinado agente questiona sobre a reputação de outro agente, o processo realizado pelo Histos é o seguinte:

1. Inicialmente é realizada uma pesquisa, baseada no algoritmo “primeiro em largura” (*“Breadth-First-Search-like”* BFS). Caso sejam encontrados mais do que um caminho, o caminho mais recente é que será usado no cálculo a efectuar, este facto deriva de um ponto em comum entre o Histos e o Sporas que é o facto das avaliações mais recentes terem mais importância que as mais antigas.
2. É possível avaliar a reputação de um determinado agente, se forem ponderadas no cálculo todas as ligações directas, que este agente possui.

Tal como já foi referido anteriormente, para a aplicação do Histos é necessário um grafo altamente conexo. Caso o número de conexões existentes não seja suficiente, é necessário usar o modelo Sporas.

4.3.3. Regret

Os sistemas analisados até agora têm considerado duas principais fontes de informação, que são: as interacções directas entre os agentes e a informação fornecida por terceiros de interacções passadas realizadas. No entanto o Regret faz uma separação diferente, ou seja, considera a dimensão individual, a dimensão social e a dimensão ontológica [J. Sabater e C. Sierra, 2001].

Este sistema parte do princípio que a reputação é um conceito composto, por outras palavras é possível dizer que a reputação sobre um determinado indivíduo não é um só conceito abstracto, mas sim um conceito multi-facetado.

Em seguida vão ser apresentadas as três dimensões presentes no sistema.

Dimensão individual – esta dimensão é obtida através da avaliação das interacções directas realizadas entre o agente avaliador e avaliado;

Dimensão social – diz respeito às relações entre grupos. Numa vida em sociedade um determinado indivíduo, tem tendência a herdar a reputação do grupo em que está inserido, logo, esta avaliação inicial já dá uma ideia inicial do que esperar de determinado agente, pois os agentes inseridos num determinado grupo, provavelmente, partilham a mesma maneira de “pensar” e avaliar os outros. Da mesma forma, um agente pode usar as experiências adquiridas por parte dos outros membros do seu grupo, para complementar as suas próprias experiências e conhecimento. Desta forma, e com este novo parâmetro de avaliação da reputação de um determinado agente, torna-se necessário considerar, na avaliação, as interacções passadas com membros do outro grupo, a informação que o próprio grupo tem do agente e a informação que o próprio grupo tem do outro grupo. Na dimensão social, existem ainda dois subtipos de experiências:

1. Experiência pessoal – esta é a vertente associada à experiência acumulada por parte do próprio agente. Esta experiência, advém das interacções directas realizadas por parte do agente avaliador e avaliado e também das interacções entre o agente avaliador e os membros pertencentes ao grupo do agente avaliado.
2. Experiência do grupo – Este tipo de experiência baseia-se na opinião que outros membros do próprio grupo do agente avaliador têm sobre o agente avaliado e o grupo no qual esta inserido. Esta avaliação é composta pela avaliação da reputação dos membros do seu grupo, a informação que o próprio grupo associou ao agente avaliado e a informação que o grupo associou ao outro grupo. Para que este objectivo seja conseguido, o sistema REGRET usa três tipos de reputação social, dependendo da fonte de informação. Estes tipos de reputação social são:
 - a. Reputação testemunha – baseada na informação sobre o agente alvo e obtida a partir de outros agentes. Este tipo de informação é muito sensível, isto porque o agente que emite a sua opinião pode não ser verdadeiro. De forma a colmatar este problema o sistema REGRET usa uma heurística, baseada no trabalho de Hage e Harary [Hage e Harary, 1983], para conseguir identificar os agentes mais fiáveis para servirem de “testemunhas”. Após esta identificação dos agente mais fiáveis, o sistema usa regras *fuzzy* [Zadeh, 1965][Zadeh, 1975], para criar uma

estrutura social e através dela fornecer um grau de fiabilidade da informação fornecida por um determinado agente;

- b. Reputação vizinhança – baseada no ambiente social do agente alvo, isto é, os vizinhos do agente alvo e as suas relações com ele. Este tipo de reputação também é adquirido através de regras *fuzzy* e permite avaliar o grupo no qual o agente avaliado está inserido. Pois se um determinado membro do seu grupo, ao qual o agente avaliador questiona sobre o agente avaliado, é falso, existe uma forte possibilidade do próprio agente avaliado também o ser;
- c. Reputação de sistema – este tipo de reputação baseia-se num valor atribuído, por omissão, a cada papel existente. Este valor é atribuído por uma Estrutura Institucional, ou seja, por uma entidade reconhecida como confiável e facilmente identificada pelas características que apresenta. Realizando o paralelismo com as Sociedades Humanas, temos os seguintes exemplos de Estruturas Institucionais: a polícia, a Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM), entre outras [Peixoto, 2007].

Dimensão ontológica – Nas duas dimensões anteriormente explicadas, a reputação está directamente correlacionada com um único aspecto (a avaliação directa/indirecta da reputação de um determinado agente). Mas, como também já foi referido no início deste texto, o sistema REGRET defende que a reputação é composta por múltiplos factores. Este conceito permite que através da avaliação da reputação de diferentes aspectos, correlacionados com um determinado agente vendedor, seja possível calcular uma reputação global mais complexa. Por exemplo: através da análise da Figura 5, um bom vendedor depende de vários factores, que são: a data de entrega, o preço do produto e qualidade do produto. Cada um destes atributos tem um peso relativo e dependente da perspectiva do agente avaliador. Com a avaliação ponderada de cada um destes valores é possível obter uma reputação global mais adaptada à realidade do agente avaliador. Neste caso específico a reputação do agente vendedor seria calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Reputação}(\text{bom vendedor}) = & 0,2 . \text{Reputação}(\text{data}_{\text{entrega}}) \\ & + 0,2 . \text{Reputação}(\text{preço}_{\text{produto}}) \\ & + 0,6 . \text{Reputação}(\text{produto}_{\text{qualidade}}) \end{aligned}$$

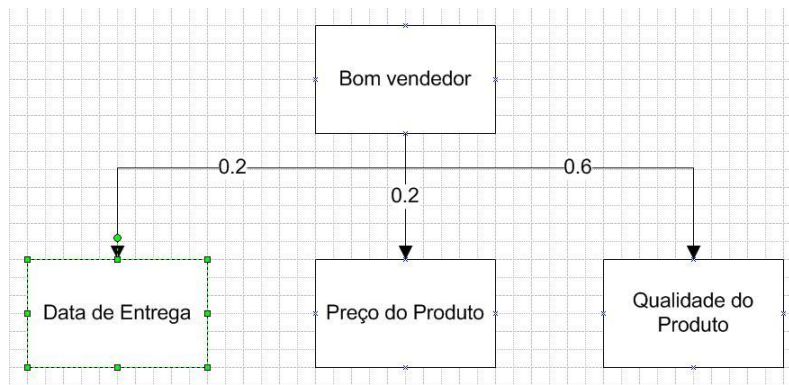


Figura 5 – Exemplo da estrutura ontológica

4.4. Análise comparativa das ferramentas analisadas

É possível separar as três ferramentas analisadas em dois grupos. No primeiro grupo é possível colocar o Sporas e o Histos, pois ambos usam apenas duas dimensões para a avaliação da reputação das diferentes entidades presentes no sistema. Ambos usam:

- “Dimensão individual” – os dados relativos a esta dimensão resultam da interacção directa entre os agentes. O avaliado e o avaliador.
- “Dimensão social” – por sua vez, os dados relativos a esta dimensão resultam da informação fornecida por outros membros presentes no sistema, dados estes relativos a interacções passadas realizadas

Num segundo grupo é possível colocar o sistema Regret, pois além das duas usadas pelos sistemas referidos anteriormente, usa também a “dimensão ontológica”, esta dimensão consiste na combinação de tipos de reputação para a obtenção de tipos mais complexos. Este sistema, como foi desenvolvido depois do Histos e do Sporas, aproveitou o conhecimento adquirido por ambos refinou-o e acrescentou esta terceira dimensão.

A comparação realizada tem por base os seguintes parâmetros [Sabater e Sierra, 2005]:

- Modelo Conceptual – os modelos conceptuais de confiança e reputação, podem ser caracterizados como:
 - Cognitivos – este tipo de modelo baseia-se principalmente nos “estados mentais”, que levam a um agente a confiar noutro e dar uma avaliação à sua reputação, e nas “consequências mentais”, que advêm da decisão e do acto de confiar noutro agente [Esfandiari e Chandrasekharan, 2001];

- Teoria de jogos – neste caso, a reputação e a confiança são considerados probabilidades subjectivas, através das quais, um indivíduo A espera que um indivíduo B realize de uma certa forma uma dada acção [Gambetta, 1990], ou seja, ao contrário do modelo cognitivo a reputação não é resultado directo do estado “mental” do agente, mas sim de um jogo pragmático com funções de utilidade, agregações numéricas baseadas num histórico de interacções.
- Origem da informação – a informação usada para o cálculo da reputação, pode ter quatro origens distintas:
 - Contacto directo – este tipo de informação pode derivar da interacção directa entre o avaliador e o avaliado e da monitorização das interacções entre outros agentes pertencente à sua comunidade e o agente avaliado;
 - Testemunha – este tipo de informação deriva da avaliação que o agente testemunha possui do agente avaliado;
 - Sociológica – esta informação advém da aplicação de técnicas de análise das redes sociais que cada agente possui e o papel que nelas desempenha [Scott, 2000];
 - “Preconceito” – este conceito surge da avaliação dos comportamentos dos agentes presentes no sistema e os associam a um determinado grupo, pois um agente tem a tendência de herdar a reputação do grupo no qual está inserido [Bacharach e Gambetta, 2001].
- Visibilidade – a visibilidade da reputação de um determinado agente pode ser uma propriedade global e partilhada por todos os membros presentes no sistema ou então uma característica subjectiva dependente e particular de cada agente avaliador. A existência de muitos utilizadores encoraja a utilização da primeira [Dellarocas, 2003], enquanto em sistemas que promovam uma maior interacção entre os agentes promovem a utilização da segunda proposta;
- Granularidade do modelo – o conceito de Credibilidade e Reputação é dependente do contexto em que se encontra inserido. Mas a sua utilização tem de ser ponderada, pois aumenta a complexidade do processamento e criação do valor correspondente à Credibilidade e Reputação;
- Assumpção do comportamento dos agentes – este item, reporta a capacidade de um determinado agente lidar com diferentes graus de comportamentos “maliciosos”, por parte de outros agentes. Para uma melhor categorização, esta fonte de informação foi dividida em três níveis:
 - Nível 0 – O comportamento “malicioso” não é considerado;
 - Nível 1 – É assumido que os agentes têm a capacidade de esconder ou alterar um pouco a informação, mas nunca “mentem”;

- Nível 2 – Neste nível, o modelo de avaliação da reputação, tem mecanismos próprios para lidar com agentes “maliciosos”.
- Medida de confiança na reputação – além do cálculo da reputação também é necessário possuir uma forma de avaliar, até que ponto este valor é de confiança ou não. Este item corresponde a este valor.

A tabela 3 apresenta um resumo das características analisadas para cada um dos sistemas estudados.

Tabela 3 – Tabela de comparação dos sistemas analisados

Sistemas	Sporas	Histos	Regret
Modelo Conceptual	Teoria de Jogos	Teoria de Jogos	Teoria de Jogos
Origem da informação	Testemunha	Interacção directa + Testemunha	Interacção Directa + Testemunha + Sociológica + Preconceito
Visibilidade	Global	Subjectiva	Subjectiva
Granularidade do Modelo	Independente do contexto	Independente do Contexto	Dependente do Contexto
Assumpções de comportamento dos agentes	Nível 0	Nível 0	Nível 2
Medida de confiança na reputação	Sim	Não	Sim
Tipo de modelo	Reputação	Reputação	Reputação e Confiança

4.5. Conclusão

Com o crescimento desta nova economia surgiram com mais frequência e em maior número situações em que é requerida a presença de mecanismos que atestem a Credibilidade e Reputação dos próprios mercados, assim como dos seus intervenientes. Esta necessidade advém do facto das partes envolvidas não se conhecerem fisicamente e se encontrarem distribuídas em termos de espaço e tempo.

Neste capítulo, foram analisados os conceitos relacionados com a avaliação da credibilidade e reputação e foi dado particular ênfase à forma de implementação, dos mesmos conceitos, à realidade dos agentes que negociam num mercado de comércio electrónico.

O primeiro conceito abordado foi o da credibilidade, tendo sido explorada a forma de adaptar os modelos baseados em credibilidade a situações de aprendizagem para desta forma ser possível evoluir com o decorrer das negociações realizadas no sistema. Também foram abordados os mecanismos de segurança aplicáveis com o objectivo de manter o módulo de avaliação de credibilidade incorruptível.

Em seguida foi explicado e definido o conceito de reputação. Nesta secção foram ainda analisados vários sistemas que, actualmente, implementam modelos de avaliação de reputação.

Por fim, foi realizada uma análise comparativa com base em várias características apresentadas pelos diferentes sistemas.

Este capítulo toma alguma importância pois serve de base para o capítulo 5, apresentado em seguida, onde irá ser apresentada uma proposta de um modelo de avaliação de credibilidade e reputação.

5. Modelo Proposto

5.1. Introdução

Ao longo dos capítulos anteriores, foi efectuada uma análise bibliográfica associada ao tema da avaliação da credibilidade e reputação, em Agentes Inteligentes, aplicado ao comércio electrónico. Inicialmente foi feita uma retrospectiva sobre a evolução dos Agentes Inteligentes e das suas diferentes capacidades, foi também abordado o tema do Comércio Electrónico com as suas diferentes áreas de aplicação e fases de vida do processo de negócio, no decorrer deste tema também foram analisados diferentes sistemas de comércio electrónico existentes. No que diz respeito à credibilidade e reputação foi explicado o conceito, analisados e comparados vários sistemas existentes de avaliação da reputação e no decorrer do presente capítulo será proposto um modelo de avaliação de credibilidade e reputação.

Tendo por base um sistema multi-agente, este trabalho visa desenvolver um simulador que permita testar o modelo definido. Para concretizar este objectivo será proposta uma arquitectura para um sistema multi-agente capaz de modelar os processos de negociação (escolha e negociação), para desta forma o modelo de avaliação da credibilidade e reputação dos agentes, ser efectivamente aplicado.

Além da arquitectura do sistema também serão apresentadas as capacidades dos diferentes tipos de agentes presentes no sistema. Cada tipo de agente terá as suas próprias capacidades e actividades a desenvolver no sistema, para além disso os agentes (quer compradores, quer vendedores) devem ter a capacidade de segundo um conjunto de parâmetros aplicar o modelo de avaliação da credibilidade e reputação, por forma a eleger os agentes com que negociar.

5.2. Arquitectura do sistema

No âmbito do trabalho descrito, é proposta uma arquitectura de um sistema multi-agente, que assegure a fase de escolha e negociação de um processo de tomada de decisão, para que desta forma seja possível aplicar o modelo de avaliação de credibilidade e reputação definido.

Tendo por base o estudo realizado a arquitectura definida para este sistema baseia-se nas seguintes entidades: compradores, vendedores, mercado e controlador. Cada uma destas entidades será representada por agentes de software com características próprias.

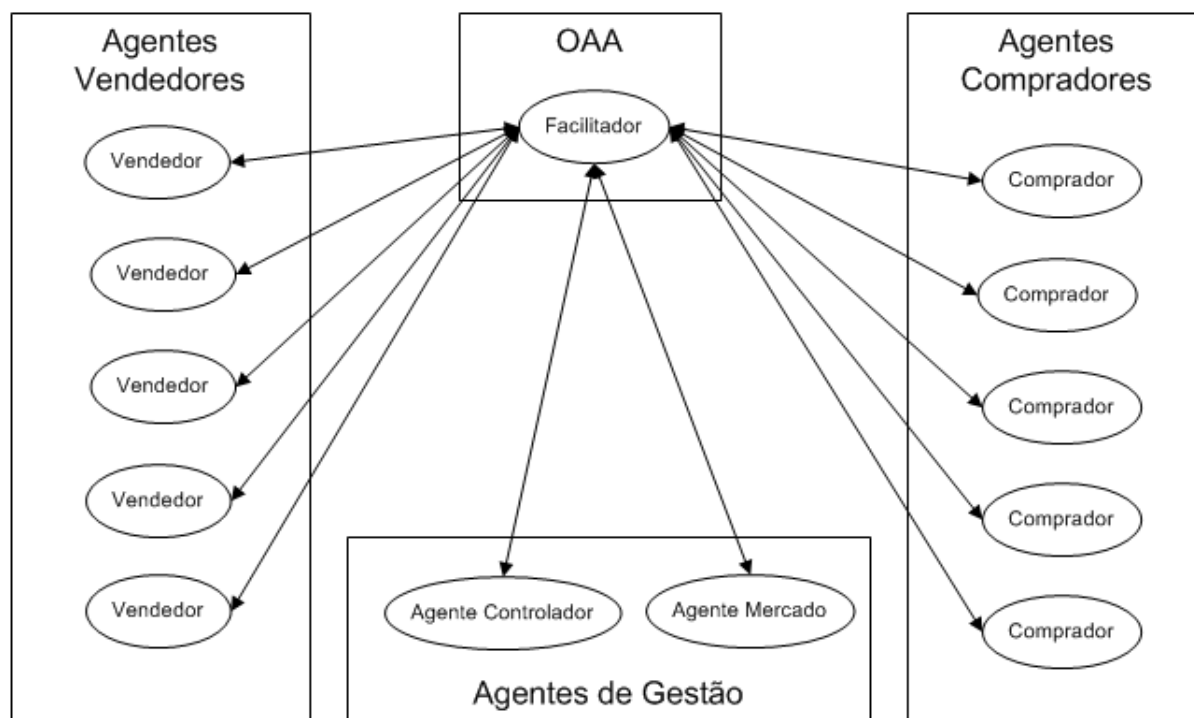


Figura 6 – Arquitectura do Sistema Multi-Agente

A Figura 6 representa a arquitectura proposta. Os diferentes participantes no sistema são representados por agentes. Estes agentes são autónomos e heterogéneos, com capacidades sensoriais de modo a perceberem o ambiente que os rodeia e reagirem/influenciarem de forma a conseguirem concretizar os seus objectivos.

5.2.1. Agentes presentes no sistema

Agente Comprador

Esta é uma das entidades mais importantes, mesmo fundamental, deste sistema. Este tipo de agente representa as entidades que possuem a capacidade de vender produtos a eventuais interessados. Estes também vão ser os agentes alvo da avaliação do modelo de credibilidade e reputação proposto. Realizando um paralelismo com o mundo real, este tipo de agentes representa qualquer entidade que tenha por interesse vender um determinado produto, por exemplo: comerciantes, empresas, pessoas comuns que tenham produtos para vender, etc.

Agente Vendedor

Esta é outra entidade fundamental para o sistema, pois é a entidade que tem a possibilidade de comprar os produtos comercializados pelos vendedores. Este tipo de agentes pode representar desde utilizadores comuns a empresas.

Agente Controlador

Este agente tem como função, representar uma entidade externa, fidedigna, que vai registar as avaliações públicas realizadas por parte dos agentes participantes no sistema. Estas avaliações serão disponibilizadas quando requisitado, por parte de um agente que, em determinada altura, necessite de avaliar a credibilidade e reputação de um outro agente.

Agente Mercado

Este agente tem como função ser o coordenador do mercado. Todos os agentes que desejem negociar no mercado necessitam identificar o seu papel e competências, aquando do seu registo de entrada. Só após este processo de registo é que um determinado novo agente tem a possibilidade de conhecer outros agentes presentes no sistema. Tendo em conta este processo, qualquer entrada ou saída no sistema é do conhecimento deste agente.

É o conhecimento possuído por este agente que permite que outros agentes (compradores e vendedores) com interesses complementares sejam posto em contacto, uns com os outros.

5.2.2. Descrição formal

O sistema Multi-Agente aqui representado é formalmente representado pela seguinte estrutura:

$$S = \{Agt, Papel, Ont, Msg\}$$

- Agt – representa o conjunto de agentes presentes no sistema;
- Papel – representa a função de cada um dos agentes, ou seja, {Comprador, Vendedor, Controlador, Mercado};
- Ont – ontologia usada para a descrição dos bens transaccionados;
- Msg – representa as mensagens que são trocadas dentro do sistema. Estas mensagens respeitam a especificação da linguagem ICL, pois a plataforma de

desenvolvimento adoptada foi OAA. Na secção 6.3.2 são especificadas e explicadas as interacções entre os agentes presentes no sistema.

Ontologia usada nas propostas

Os bens transaccionados podem ser os mais variados e esta ontologia tem por objectivo representar e identificar, estes mesmos bens na realização de propostas no sistema. A ontologia foi construída tendo em conta as características consideradas como fundamentais para definir o bem dentro do mercado de comércio electrónico. A estrutura representativa é a seguinte:

$Ont = \{Bem, Atributo, Valor\}$

- Bem – é o identificador do bem que é objecto de negociação;
- Atributo – contém os atributos que caracterizam o bem a ser negociado. Estes atributos são representados da seguinte forma: $Atributos = \{id1, id2, id3, \dots\}$, estes atributos encontram-se ordenados de acordo com a sua importância, ou seja, com importância decrescente;
- Valor – representa o valor atribuído a um determinado atributo.

De forma a providenciar uma melhor compreensão da ontologia explicada, a Figura 7 representa a aplicação da ontologia para o bem “Computador portátil”.

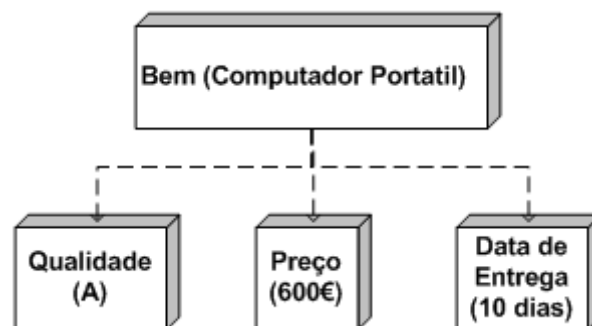


Figura 7 – Exemplo de definição do Bem “Computador portátil”

5.2.3. Agente Mercado

Este agente tem a sua génese no início do funcionamento do sistema. Este agente tem como responsabilidade regular e coordenar as actividades do Mercado Electrónico assegurando, desta forma, o seu correcto funcionamento.

Este agente possui várias funções, de entre elas, destaca-se o facto de ser responsável por regular todo o processo de negociação e assegurar o cumprimento das regras preestabelecidas.

Este agente também pode ser apelidado de “páginas amarelas”, pois é o agente que tem conhecimento de todos os agentes presentes no sistema. Isto porque cada agente que deseje participar no sistema é obrigado a registar a sua entrada junto deste agente.

Este processo de registo contempla o fornecimento de várias informações sobre o agente participante, sobre as suas funcionalidades e objectivos, ou seja, o agente participante tem de informar qual é o papel que vai desempenhar e os serviços que está preparado para tratar. O formato do registo obedece à seguinte estrutura:

Registo = {IdAgente, Papel, Serviços}

- IdAgente – o “nome” do agente, este será o identificador que irá acompanhar o agente, enquanto estiver presente no sistema;
- Papel – indica o papel que determinado agente irá desempenhar no sistema, ou seja, os valores que este atributo pode ter, obedecem à seguinte notação: *Papel = {Vendedor, Comprador, Controlador}*;
- Serviços – representa o conjunto de serviços a que determinado agente está pronto para tratar ou efectuar, por exemplo: Agente Comprador = {comprar}, Agente Vendedor = {vender}, Agente Controlador = {fornecer avaliações}, etc.

Na figura 8, está descrita a estrutura deste tipo de agentes.

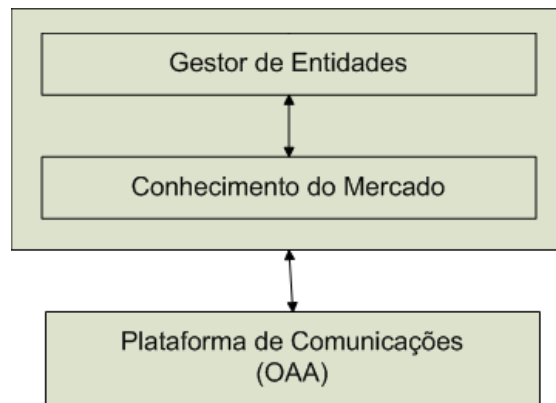


Figura 8 – Estrutura do Agente Mercado

Gestor de Entidades

Este módulo é de vital importância para o sistema, pois é o que emparelha as necessidades dos Agentes Compradores, com os serviços, ou bens, disponibilizados pelos Agentes Vendedores. Numa primeira fase os Agentes Compradores recorrem ao Agente Mercado para se informarem sobre quem são os Agentes Vendedores que possuem capacidade de satisfazer as suas necessidades. Esta situação verifica-se porque o Agente Mercado é o único que possui o conhecimento total dos agentes presentes no sistema e das suas capacidades.

Conhecimento de Mercado

Este módulo possui a descrição do Mercado, que por sua vez contém a informação acerca da sua estrutura, ou seja, possui a informação sobre: a ontologia usada nas transacções, os agentes presentes no Mercado e as regras de funcionamento e regulação do Mercado. É com base nestas informações que o Agente Mercado regula o funcionamento do Mercado e assegura que o mesmo, opera de acordo com as regras preestabelecidas.

5.2.4. Agentes Vendedor e Comprador

Os Agentes Vendedores e Compradores representam as entidades mais activas do sistema, pois representam as entidades que têm por objectivo efectuar os seus negócios. Estes agentes, devido à sua importância, exigem uma atenção especial no que toca à definição dos objectivos de negócio e as estratégias que irão utilizar para os alcançar.

A par da evolução dos Mercados Electrónicos também foi necessária uma evolução por parte dos agentes, de forma a serem competitivos, ou seja, para possuírem essa

competitividade necessitam: ser eficientes no seu campo de negócio, possuir uma capacidade de rápida adaptação e reacção a mudanças que ocorram no ambiente e assim rapidamente se adaptarem às novas condições do mercado. Além destas capacidades, um Agente, por definição, necessita de ter uma capacidade social de forma a interagir efectivamente e eficazmente com outros Agentes. Tendo em conta o anteriormente referido, a organização de ambos os agentes é similar, pois apresentam um comportamento simétrico, tendo em conta que possuem objectivos antagónicos.

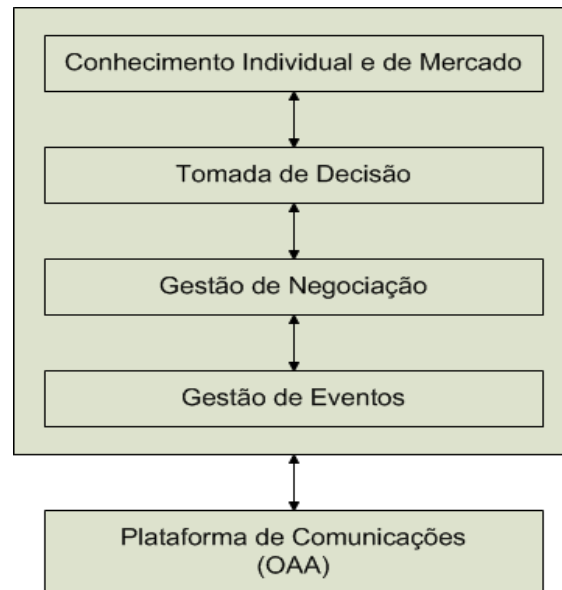


Figura 9 – Estrutura Tipo dos Agentes Vendedores e Compradores

Módulo de Gestão de Eventos

Este módulo pode ser apelidado como sendo o de mais baixo nível desta arquitectura, pois tem por função gerir os processos que estão relacionados com as trocas de mensagens efectuadas entre agentes, desta forma realizando o interface com a plataforma OAA (“*Open Agent Architecture*”). Tendo em conta esta função e o correcto processamento das mensagens trocadas este módulo: recebe as mensagens, descodifica-as e analisa o seu conteúdo.

Da mesma forma que este módulo tem por função receber e processar as mensagens, também tem por responsabilidade codificar qualquer mensagem que o agente pretenda enviar. Estas mensagens podem ser por iniciativa própria ou então como resposta a um pedido recebido.

Tendo em conta a relação com a interface OAA, um dos procedimentos mais importantes para a comunicação é *oaaDoEventCallback*. Este procedimento analisa os pedidos recebidos, descodifica-os e encaminha-os para os procedimentos que possuem a

capacidade de os processar. Na secção 6.3.1 será encontrada uma descrição mais detalhada da plataforma OAA.

Módulo de Gestão da Negociação

Este módulo tem como função gerir o comportamento do agente e coordenar o período de negociação com outros agentes presentes no sistema. Durante este processo de negociação a cadência de troca de mensagens é muito elevada, principalmente devido à troca de propostas e contra-propostas. Os intervenientes nesta troca de mensagens são, como já foi referido anteriormente: Agentes Vendedores, Compradores, o Agente de Mercado e o Agente Controlador.

Para a realização de um negócio os Agentes Compradores e Vendedores trocam várias propostas e contra-propostas de forma a tentarem realizar um negócio que reúna o consenso dos intervenientes. Um agente toma a iniciativa de iniciar a negociação, para isso questiona o Agente de Mercado sobre os agentes “adversários” que possuem a capacidade de dar resposta à sua necessidade. Após esta fase o agente receberá as propostas dos agentes disponíveis, essas respostas serão analisadas e nessa altura o agente poderá: aceitar uma proposta, enviar contra-propostas a todos, ou só alguns dos agentes ou então pode rejeitar de imediato as propostas recebidas.

Sendo este módulo responsável por todo o processo de Negociação, também é responsável pela formulação das propostas e contra-propostas trocadas, para todos os negócios em que um agente se encontre actualmente envolvido. Tendo em conta esta funcionalidade, a interligação entre o Módulo de Gestão da Negociação e o Módulo de Tomada de Decisão é muito estreita. Pois o Módulo de Tomada de Decisão é o responsável pela análise dos resultados de anteriores negócios e definição dos objectivos e comportamento a exibir na negociação actual.

Módulo de Tomada de Decisão

Tal como foi referido no final da análise do módulo anterior, este módulo tem por responsabilidade analisar os resultados e conhecimento adquirido ao longo dos negócios que forem concluídos, estabelecendo assim objectivos e definindo o comportamento a ter.

Da panóplia de estratégias possuídas pelos Agentes para a negociação é possível salientar as estratégias para a variação do preço ao longo das diferentes negociações, estratégias de definição de preço inicial (tendo por base negociações anteriores) e estratégias de análise do comportamento do agente “adversário” na negociação.

Módulo de Conhecimento Individual e de Mercado

Tal como o próprio nome indica, este módulo engloba a informação sobre o próprio agente, como por exemplo: capacidades, necessidades, entre outras, e a informação sobre o mercado em que se encontra inserido. Este conhecimento do mercado engloba informação sobre compromissos assumidos até ao conhecimento que vai adquirindo sobre os outros Agentes presentes no mercado, tendo em conta esta informação não ser estática, este módulo sofre sucessivas actualizações ao longo do tempo.

A informação contida por este módulo difere um pouco, consoante o agente for um Agente Comprador ou um Agente Vendedor, pois os interesses são antagónicos, um pretende vender e outro comprar. O Agente Vendedor tem de ter presente informação sobre os produtos que possui, stocks e a qualidade, enquanto o Agente Comprador tem informação das necessidades que deseja suprimir, ou seja, quais os produtos a adquirir, qualidade desejada e data de entrega pretendida.

Tendo em conta as diferenças referidas, torna-se necessário explicitar as estruturas de informação de ambos os tipos de Agentes.

Tal como foi anteriormente referido, ao Agente Vendedor interessa catalogar os produtos que possui, a quantidade, qualidade e preço base para cada um.

$Produto_i = \{Prod, Atribs, Val_Atribs\}$, em que:

- **Prod** – Identificador do produto;
- **Atribs** – Conjunto de atributos relacionados com o gerador. Estes atributos são apresentados da seguinte forma: $Atribs = \{Stock, Qualidade, Preço, Produção\}$;
- **Val_Atribs** – Valores correspondentes a cada um dos atributos.

Dos diferentes atributos relevantes para a caracterização de um determinado produto, alguns podem variar ao longo do tempo, como é o caso do Preço, pois este preço é afectado pelo mercado e pelo valor do Stock, e do Stock, que vai aumentando e diminuindo ao longo do tempo.

No caso dos Agentes Compradores, a estrutura que possuem reflecte as suas necessidades, ou seja, que tipo de produtos, a qualidade e quantidade que desejam e ainda a data de entrega que desejam para determinado produto. Além destes atributos base, também possui um indicador de relevância, isto quer dizer, que cada um destes atributos tem um peso diferente aquando da escolha da proposta a aceitar numa determinada negociação. Esta estrutura é representada da seguinte forma:

$Produto_desejado_j = \{Prod, Atribs, Val_Atribs, Imp_Atribs\}$, em que:

- **Prod** – Identificador do produto desejado;
- **Atrib** – Conjunto de atributos relacionados com o produto desejado. Estes atributos são representados da seguinte forma: $Atribs = \{Qualidade, Quantidade, Data_Entrega\}$;
- **Val_atrib** – Valores correspondentes a cada um dos diferentes atributos;
- **Imp_Atribs** – Valores correspondentes ao peso dos diferentes atributos. Este valor de importância vai de 0 até 100, tendo a soma dos diferentes valores, para os diferentes atributos, dar como resultado 100.

Além do conhecimento de Mercado, este módulo também possui uma componente relativa ao conhecimento Individual. Este conhecimento Individual consiste, no caso dos Agentes Vendedores, nos compromissos de venda assumidos, no caso dos Agentes Compradores, os compromissos de compra. A estrutura para representação desta informação é a seguinte:

$Negocio_i = \{Agente, Produto, Quantidade, Qualidade, Data_entrega, Preço, Aval_pub, Aval_priv\}$

- **Agente** – Identificação do Agente com o qual foi acordado o negócio;
- **Produto** – O produto que foi acordado para a transacção;
- **Quantidade** – A quantidade acordada;
- **Qualidade** – A qualidade acordada. Os valores da qualidade podem ser: $Atribs = \{A, B, C, D\}$, sendo que a qualidade é decrescente da letra A para a D;
- **Data_entrega** – A data em que ficou acordada a entrega;
- **Preço** – O preço total do negócio;
- **Aval_pub** – Este atributo corresponde à avaliação pública dada ao Agente com o qual foi feito o negócio. Esta é uma avaliação que pode conter os seguintes valores: $Val = \{1, 2, 3, 4, 5\}$. Este atributo é um dos atributos que será usado para o cálculo da credibilidade de um determinado Agente;
- **Aval_priv** – Este atributo representa a avaliação privada ao agente, ou seja, é o valor da credibilidade relativo ao Agente naquele negócio específico.

A informação histórica dos negócios efectuados é de vital importância para a evolução do mercado, pois o modelo de Credibilidade e Reputação torna-se mais eficiente com o aumento dos casos a verificar. E esta informação também permite uma melhor adaptação da estratégia e comportamento dos agentes.

5.2.5. Agente Controlador

O Agente Controlador representa uma entidade idónea que tem como responsabilidade armazenar as avaliações efectuadas e disponibilizá-las quando fossem necessárias. Para além desta funcionalidade este Agente ainda tem a capacidade de processar os dados, realizando a média das avaliações efectuadas e o somatório das avaliações. É possível realizar uma analogia com o *website* da *Amazon*, que possui simplesmente este método de avaliação de credibilidade e reputação. No caso específico do modelo proposto, este vai ser mais um dos dados que irá servir para a obtenção do valor correspondente à avaliação da credibilidade e reputação de um determinado Agente.

Este processo de avaliação pública necessita da disponibilização de informação relativa ao Agente avaliador e avaliado, assim como a avaliação. O formato das mensagens de avaliação, obedece ao seguinte formato:

Avaliação = {*IdAgente_avaliador*, *IdAgente_avaliado*, *Avaliação*}

- **IdAgente_avaliador** – o identificador do Agente avaliador que o representa univocamente no sistema;
- **IdAgente_avaliado** – o identificador do Agente avaliado que o representa univocamente no sistema;
- **Avaliação** – a avaliação dada pelo agente avaliador ao avaliado. Esta avaliação será um dos seguintes valores: *Avaliação* = {1, 2, 3, 4, 5}.

Este Agente, apesar de ser o menos complexo que está presente no sistema, é de vital importância para o Modelo sugerido pois vai contribuir com um dos parâmetros que influencia o resultado atribuído à Credibilidade e Reputação de um determinado Agente.

5.3. Modelo de avaliação de credibilidade e reputação proposto

Antes do início da definição do modelo a ser utilizado é necessário ter presente a definição dada por Dasgupta (2000) “*There are no obvious units in which trust can be measured*” (Não

existem unidades óbvias nas quais a confiança pode ser medida) e a definição fornecida por Fullam et al (2005) sobre os itens que um bom modelo de reputação deve abordar, que são:

- Preciso – disponibilizar boas previsões;
- Adaptativo – deve evoluir de acordo com o comportamento dos agentes;
- Rapidamente convergente – calcular rapidamente valores correctos;
- Multi-dimensional – considerar diferentes características dos agentes;
- Eficiente – calcular num tempo razoável e com um custo aceitável

Do ponto de vista do autor deste documento, o modelo proposto para a avaliação da reputação de agentes num sistema multi-agente, deve contemplar as três dimensões que foram analisadas anteriormente na secção 4.2.3, deste documento.

Inicialmente um agente que se autentique no sistema deve começar com um valor de reputação mínimo, ou seja, a reputação mais baixa presente no sistema (por exemplo o valor 0), esta medida serve para impedir que um agente “malicioso” tente criar uma nova identidade para enganar o sistema, pois um agente presente no sistema nunca terá uma reputação inferior ou igual a este nível mínimo. A avaliação começa com o início das interações, esta avaliação será subjectiva. Caso os dados disponíveis não sejam os suficientes, o agente deve passar para uma avaliação social. Nesta fase o agente deve entrar em contacto com os agentes vizinhos e os agentes testemunha, de forma a recolher informação relevante sobre o agente avaliado, toda a informação recolhida terá de ser avaliada quanto à sua fiabilidade.

Também existirá um Agente Controlador, representante do sistema. Esta entidade irá conter avaliações globais e visíveis por todos os agentes presentes no sistema, para desta forma auxiliar ao processo de avaliação da reputação de um determinado agente. Este valor da reputação será similar ao usado, por exemplo, pela *Amazon*. Será a média das avaliações fornecidas por parte dos agentes avaliadores, cada agente avaliador dará uma nota de (-1) ou (1). Como principal regra, para este tipo de avaliação, temos que a avaliação de um agente presente no sistema nunca será inferior à de um novo agente. Esta regra permite dissuadir os agentes com uma má avaliação, saírem do sistema e entrarem com uma nova identidade. Esta avaliação global, não subjectiva, terá um peso não muito relevante na avaliação da reputação, mas que irá influenciar o valor final. Também terá como principal objectivo ser usada quando a avaliação subjectiva não for possível de realizar ou então quando esta não for de confiança.

```

1: //AvalPublica(idAgente) - Este algoritmo devolve a média da Avaliação Pública de
  um determinado Agente (idAgente)
2: //Esta função é executada pelo Agente Controlador
3: Entrada: idAgente
4: Saída: MediaAvalPub
5: Soma <- 0;
6: //São carregadas todas as avaliações publicas de um determinado Agente (idAgente)
7: ListaAvaliacoes <- carregaAvaliacoes(idAgente);
8: Para cada Avaliacaoi E ListaAvaliacoes.ListaParametros Faz
9:     //São somadas todas as Avaliações Publicas
10:    Soma <- Soma + Avaliacaoi;
11: Fim
12: //Para ser possível obter a média das avaliações é dividida a soma, pelo número
  total de avaliações
13: MediaAvalPub <- Soma / ListaAvaliacoes.Tamanho
14: Fim
15: Devolver MediaAvalPub
16:

```

Figura 10 – Algoritmo da Média da Avaliação pública

A componente da avaliação da reputação, dependente da avaliação fornecida pela vizinhança, será obtida através da inquirição do membro mais reputado do grupo em que este se encontra inserido, caso esta avaliação não exista, será inquirido o membro com a reputação seguinte. Este processo será repetido até que seja encontrado o membro com maior reputação, possível, que possua uma avaliação sobre o agente que se encontra a ser avaliado.

```

1: //AvalViz(idAgente) Algoritmo que devolve o Valor da Credibilidade dos Vizinhos
2: Entrada: idAgente
3: Saída: Cred
4: //é inicializado o valor da variavel Credibilidade
5: Cred <- 0;
6: //Esta função devolve a Lista dos Vizinhos já ordenada do que possui maior
  Credibilidade para o que possui menor
7: ListaVizinhos <- carregaVizinhosOrd();
8: //é necessário percorrer todos os vizinhos
9: Para cada Vizinhoi E ListaVizinhos.ListaParametros Faz
10:    //Verifica-se se este Vizinho já negociou com o Agente (idAgente)
11:    Se negociou(idAgente, Vizinho) = Verdadeiro Então
12:        //Se já negociou é carregado o Valor correspondente à Credibilidade
13:        //que este Agente Vizinho possui para o Agente (idAgente)
14:        Cred <- credibilidade(Vizinho, idAgente);
15:    Devolver Cred;
16: Fim
17: Fim
18: //Caso nenhum Agente Vizinho tenha negociado com o Agente (idAgente) o valor
  devolvido
19: //será igual a zero
20: Devolver Cred

```

Figura 11 – Algoritmo da Credibilidade dos Vizinhos

O processo de obtenção da avaliação disponibilizada pelas testemunhas, relativamente ao agente que se encontra a ser avaliado, resulta da média da avaliação da Credibilidade e Reputação existente por parte de todos os Agentes do próprio grupo.

```

1: //AvalTestemunhas - Algoritmo devolve a Média das Avaliações da Credibilidade dos
  Agentes Testemunha
2: Entrada:
3: Saída: SCred
4: SCred <- 0;
5: //Esta função devolve a Lista dos Vizinhos já ordenada do que possui maior
  Credibilidade para o que possui menor
6: ListaVizinhos <- carregaVizinhosOrd();
7: //é necessário percorrer todos os vizinhos
8: Para cada Vizinho E ListaVizinhos.ListaParametros Faz
9:   //é carregada a lista dos Valores de Credibilidade do Agente Vizinho
10:   ListaCredibilidades <- carregaListaCred(Vizinho);
11:   //Esta função tem como objectivo devolver o somatório de todos os valores de
   Credibilidade
12:   //que este Agente Vizinho possui
13:   SomatorioCred <- somatorioCred(ListaCredibilidades);
14:   SCred <- SCred + SomatorioCred;
15: Fim
16: //É devolvido o valor do Somatório da Credibilidade de todos os Agentes Vizinhos
17: //relativamente ao grupo com as funções opostas
18: SCred <- SCred / ListaVizinhos.Tamanho
19: Devolve SCred

```

Figura 12 – Algoritmo da Credibilidade das Testemunhas

Após o processo de negociação e conclusão do negócio, o agente avaliador, através de uma ponderação de todos os factores que considera relevantes na transacção (por exemplo: preço, quantidade, tempo de entrega, entre outros.) atribui uma determinada avaliação à reputação do agente avaliado. Nesta avaliação é usada a fórmula do cálculo da média Aritmética Ponderada, pois cada um dos valores atribuídos tem o seu próprio peso no cálculo da Credibilidade a atribuir ao agente avaliado. Esta avaliação irá afectar, quer o valor da reputação que o agente avaliador possui do agente avaliado, quer a reputação global presente no sistema.

$$\bar{x}_p = \frac{p_1 \times x_1 + p_2 \times x_2 + \dots + p_n \times x_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \times x_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

Na fórmula acima apresentada, a variável p representa o peso atribuído a um determinado factor de avaliação do negócio e a variável x representa o valor da credibilidade atribuído pelo cumprimento do acordado para aquele item específico.

Todos os dados recolhidos deverão ser agrupados de forma a devolverem um valor final, representativo da reputação de um determinado agente.

```

1: //Algoritmo fase de actualização de Avaliações
2: Entrada: idAgente, Lista_avaliacoes
3: Saída: Lista_avaliacoes
4: //Verificar se já existe avaliação para este Agente (idAgente)
5: Se Existe Lista_avaliacoes[idAgente] Então
6:   Aval <- Lista_avaliacoes[idAgente];
7: Senão
8:   Aval <- 0;
9: Fim
10: //Carrega o Valor da Credibilidade dos Agentes Vizinhos para este Agente (idAgente)
11: AvalViz <- AvaliacaoVizinhos(idAgente);
12: //Carrega o Valor da Credibilidade dos Agentes Testemunhas
13: AvalTest <- AvaliacaoTestemunhas();
14: //Carrega o Valor Médio da Avaliação Pública para este Agente (idAgente)
15: AvalPub <- AvaliacaoPublica(idAgente);
16: //Carrega o Valor Atribuído ao Valor actual, ou seja, até que ponto o Agente
   (idAgente)
17: //Cumprir com o Acordado
18: AvalNActual <- AvaliacaoNegActual(qld,pqld,qtd,pqtd,entrega,pentrega,preco,ppreco) :
19: //Verifica o Valor Devolvido pelo Modelo Definido
20: Cred <- fuzzy(AvalViz, AvalTest, AvalPub, AvalNActual);
21: //Actualiza o Valor da Credibilidade deste Agente (idAgente)
22: Lista_avaliacoes[idAgente] <- Cred
23: Fim
24: Devolver Lista_avaliacoes

```

Figura 13 – Algoritmo de Actualização dos Valores de Credibilidade

Para uma melhor avaliação da reputação dos agentes, as avaliações mais recentes vão ter um peso maior no valor que corresponde à reputação de um determinado agente.

A figura 14, apresentada em seguida, exemplifica graficamente o Modelo Proposto.

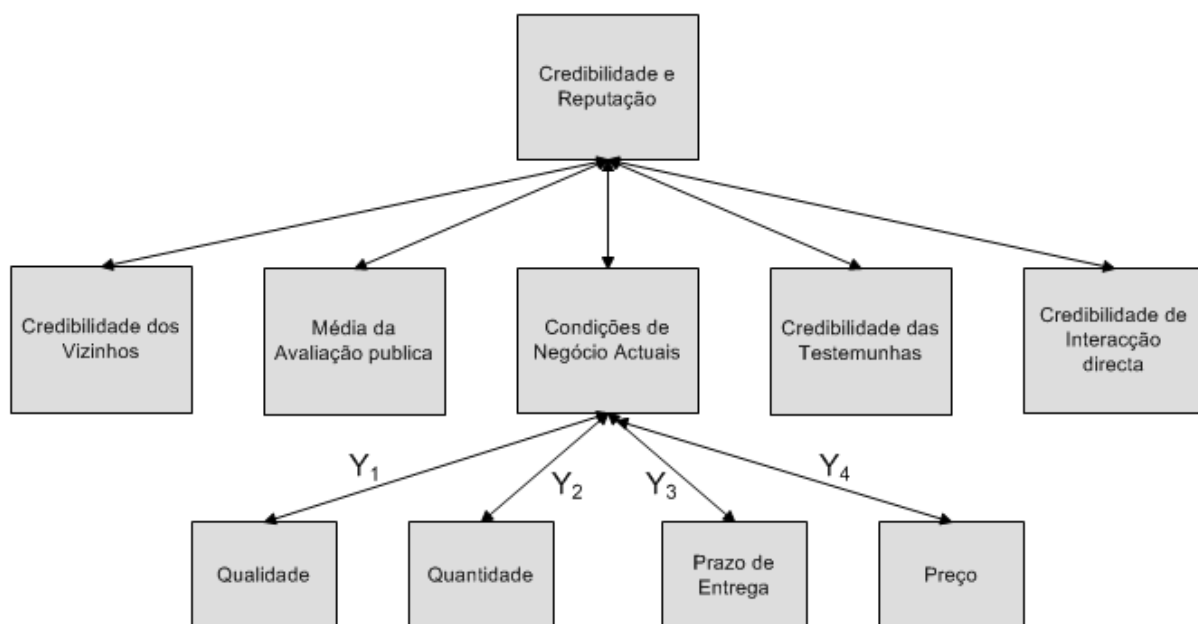


Figura 14 – Modelo de Avaliação de Credibilidade e Reputação

Como é possível verificar com a análise da figura 14, existe um primeiro nível que depende do negócio proposto ao Agente, ou seja, até que ponto os valores dos atributos Qualidade,

Quantidade e Prazo de Entrega, correspondem às expectativas do Agente. A avaliação de cada um destes atributos é ponderada, ou seja, o Agente atribui um valor entre 0 e 1 a cada um dos atributos e o somatório dos três valores terá de dar o valor 1. Estes valores encontram-se representados na figura, através das variáveis Y_1 , Y_2 , Y_3 e Y_4 .

Com o valor apurado da avaliação ponderada das condições do negócio actual, obtemos um dos atributos que compõem o processo de avaliação da credibilidade e reputação do agente. Além das condições de negócio actual existem:

- Média da Avaliação pública – corresponde à média das avaliações públicas realizadas sobre o Agente alvo. Esta média das avaliações é obtida através da inquirição ao Agente Controlador;
- Credibilidade dos Vizinhos – Este item do Modelo de avaliação de Credibilidade e Reputação, corresponde à avaliação fornecida pelo membro com a mesma função que o Agente avaliador e com maior reputação pública. Caso esse Agente não tenha nenhuma informação relativa ao Agente visado, será questionado o Agente seguinte. Este processo será repetido até que seja encontrado algum Agente com informação referente ao Agente visado;
- Credibilidade das Testemunhas – diz respeito à média da avaliação da credibilidade e reputação de todos os membros vizinhos relativamente ao grupo no qual o Agente avaliado se encontra inserido;
- Credibilidade de Interação Directa – corresponde ao valor associado à Credibilidade e Reputação, resultante da interacção directa entre o Agente Avaliador e Avaliado.

5.4. Conclusão

Este capítulo tinha como objectivo a apresentação de uma proposta para um modelo de avaliação de credibilidade e reputação.

Primeiramente foi definida uma arquitectura de um simulador Multi-Agente e apresentadas as características de todos os agentes presentes no sistema, de forma a ser possível avaliar a performance do modelo que iria ser proposto. No seguimento da descrição do simulador proposto foi ainda definida e descrita a ontologia usada por parte dos agentes para a negociação no mercado de comércio electrónico.

Os agentes definidos como participantes no simulador foram: o Agente Comprador, Agente Vendedor, Agente Controlador e Agente Mercado. Cada um dos tipos de agentes referidos fora detalhado quanto às suas características, funções e estrutura.

No término deste capítulo foi proposto um possível modelo de avaliação de credibilidade e reputação, tendo em vista a sua implementação através de um simulador Multi-Agente no capítulo 6, capítulo este que é apresentado em seguida.

6. Implementação e Avaliação

6.1. Introdução

Os mercados de comércio electrónico cada vez são mais voláteis e complexos, o que valoriza ainda mais a possibilidade de treinar os agentes para este novo tipo de modelos presentes nos diferentes mercados electrónicos. Desta forma é possível adaptar a forma de negociação aos diferentes tipos de mercados e aos diferentes contextos, pelos quais passam os mercados de comércio electrónico.

Actualmente tomar uma decisão, por mais simples que seja, implica, quase sempre, a ponderação sobre vários factores, razão pela qual os modelos de credibilidade e reputação assumem um papel cada vez mais importante. Pois permitem a transferência de, mais um, comportamento tipicamente social e humano para o “mundo” do comércio electrónico e dos Agentes Inteligentes.

A ferramenta de simulação desenvolvida, e aqui descrita, tem como objectivo simular as interacções próprias de um mercado de comércio electrónico, com particular destaque no modelo de avaliação de credibilidade e reputação proposto na secção 5.3 deste documento. As entidades presentes neste sistema são independentes e com objectivos e comportamentos próprios, devido a este facto, o simulador recorre a um sistema Multi-Agente, de forma a utilizar, a metodologia de resolução de problemas que se adapta à arquitectura desejada para este simulador. As entidades que coabitam no simulador são representadas por agentes, que têm como função, modelar o comportamento dos participantes humanos.

Nas secções seguintes será descrito o simulador desenvolvido, o que envolve a descrição de toda a sua arquitectura e todos os tipos de Agentes usados. Esta descrição incide com particular pormenor nas diferentes formas de avaliação usadas, nos critérios e estratégias de negociação e no módulo de avaliação de credibilidade e reputação proposto. Por fim, são apresentados alguns exemplos que permitem avaliar o desempenho do simulador desenvolvido.

6.2. Características

Com o desenvolvimento deste simulador, pretende-se obter uma ferramenta que se prove útil na modelação das interacções entre as diferentes entidades, envolvidas no processo de negociação utilizado no comércio electrónico. Desta forma, é possível tentar potenciar os mecanismos usados por parte dos agentes no seu processo de decisão, assim como, melhorar e comprovar a utilidade dos modelos de avaliação de credibilidade e reputação.

O simulador desenvolvido também tem de proporcionar ao utilizador a possibilidade de simular diferentes cenários, ou seja, configurar os diferentes parâmetros da simulação, como por exemplo: o número de participantes, as estratégias de negociação e os desejos iniciais de cada um dos intervenientes. Após o decorrer da simulação também será possível ao utilizador analisar o resultado das várias negociações realizadas no sistema, analisar a eficácia das estratégias de negociação associadas e do modelo de avaliação de credibilidade e reputação usado. Graças a uma funcionalidade de gravação e carregamento de configurações o mesmo cenário pode ser repetido várias vezes.

6.3. Implementação

No início desta secção, vão ser analisadas algumas das propostas, que actualmente existem no mercado, para o desenvolvimento da plataforma de agentes a aplicar e as linguagens de interacção a usar.

6.3.1. Plataformas de Desenvolvimento de Agentes

As plataformas de desenvolvimento de agentes têm como principal objectivo suportar e disponibilizar o meio físico para a transmissão de informação entre os vários agentes presentes no sistema. Esta funcionalidade é de grande importância porque um sistema multi-agente não faz sentido se os agentes, heterogéneos e distribuídos por diferentes lugares e sistemas, não tiverem a capacidade de comunicar entre si, de uma forma simples e eficiente.

Actualmente a Internet e os diferentes serviços a si associados, como por exemplo: WWW, FTP, E-mail, Telnet, etc., representam uma importante forma de transmissão de informação

e consequente suporte às diferentes entidades, neste caso específico os agentes, presentes no sistema. A popularidade e grande implementação da Internet advêm do facto de ser uma rede pública, desta forma acessível a quase todos, de fácil utilização e de baixos custos. Além destes pontos positivos da utilização da Internet como meio de comunicação dos agentes, a Internet apresenta alguns problemas no que toca à comunicação entre entidades distribuídas e heterogéneas, de forma a resolver estas limitações foram desenvolvidas várias plataformas para permitir, de uma forma mais eficiente, uma melhor interoperabilidade entre os diferentes sistemas.

As plataformas estudadas seguem, de uma forma consensual, uma classificação propostas por Ferber [Ferber, 1999]. Esta classificação assenta em três vectores:

1. A ligação entre o remetente e o destinatário pode ser do tipo ponto a ponto, em que o agente remetente envia uma mensagem ao destinatário, identificando-o, ou multiponto, em que os potenciais destinatários da mensagem constituem o colectivo do sistema;
2. A natureza do meio ou canal da comunicação pode ser do tipo por reencaminhamento directo, em que o agente envia a mensagem ao canal de comunicação e este encarrega-se de a fazer chegar ao respectivo endereço, ou então, por reencaminhamento por propagação de nível, em que uma mensagem é difundida pelo ambiente e a sua intensidade vai crescendo à medida que a distância entre as partes aumenta, ou ainda por reencaminhamento por anúncio público, situação em que a mensagem é colocada num espaço comum que é visível para todas as entidades do sistema;
3. A intenção da comunicação pode ser do tipo intencional, nos casos em que o processo que determina a comunicação é encetado voluntariamente pelo agente, ou não intencional, quando este processo se dá de uma forma que é independente da vontade do emissor.

Em seguida são apresentadas algumas das plataformas que suportam o desenvolvimento de sistemas baseados em agentes, que foram estudadas no âmbito da realização deste trabalho.

Open Agent Architecture (OAA) [OAA, 2010]

Esta plataforma foi desenvolvida com o intuito de conseguir integrar agentes de software heterogéneos num ambiente distribuído comum a todas as entidades e que permita uma comunicação efectiva entre todas as entidades.

As principais características desta plataforma, desenvolvida no Centro de Inteligência Artificial do *Stanford Research Institute*, são as seguintes:

- Aberta – os agentes podem ser heterogéneos, ou seja, podem ser desenvolvidos em diferentes linguagens (por exemplo: Prolog, Java, LISP, etc.) e utilizando diferentes sistemas operativos. Este facto permite que as barreiras referentes à linguagem usada no desenvolvimento e o sistema operativo sejam mínimas;
- Distribuída – os agentes podem estar distribuídos por diferentes máquinas ligadas numa determinada rede. Esta vantagem apresentada permite diminuir os tempos de processamento e execução de uma simulação;
- Extensível – é facilitada a possibilidade de remover e adicionar agentes em tempo de execução;
- Móvel – existe a possibilidade de desenvolver para *Personal Digital Assistants* (PDAs).

Neste tipo de plataforma existem dois tipos de agentes: os facilitadores (nativos à plataforma) e os clientes. Além de existir a possibilidade de existirem vários facilitadores numa determinada aplicação, a opção mais comum passa pela utilização de apenas um facilitador. Este agente “especial”, o facilitador, tem por responsabilidade gerir todas as tarefas relacionadas com a coordenação e comunicação entre os agentes presentes no sistema. Neste tipo de sistemas um sinónimo de agente facilitador pode ser *router*, pois ambos são responsáveis pela distribuição das mensagens e dados trocados pelos diferentes utilizadores do sistema.

O esquema de comunicação utilizado é o representado pela figura 15, apresentada em seguida:

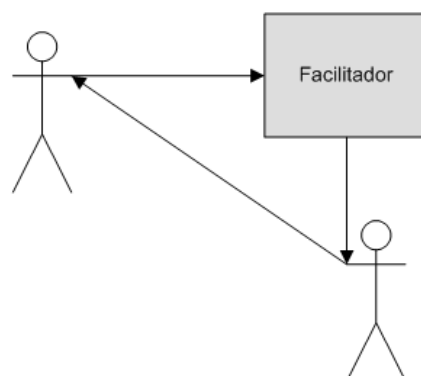


Figura 15 – Esquema de comunicação OOA

Como é possível ver na figura 15, a primeira comunicação é obrigatoriamente feita através do facilitador, podendo as seguintes serem feitas directamente. O agente cliente, aquando

da sua criação, estabelece uma ligação ao agente facilitador e informa-o tipos de pedidos está habilitado a tratar, sejam estes pedidos relativos a produtos ou serviços disponibilizados.

Por último torna-se útil referir que o protocolo de comunicação usado por esta plataforma é a linguagem de comunicação ICL. A explicação desta linguagem será abordada na secção 6.3.2.

Java Agent Template Lite (JATLite) [Jeon et al., 2000]

Esta plataforma, tal como a anteriormente apresentada, tem como objectivo facilitar e gerir a comunicação entre agente heterogéneos e distribuídos. Apresenta como requisito obrigatório, para a sua utilização, o facto de os agentes terem a capacidade de entender a linguagem JAVA. Esta plataforma foi desenvolvida na Universidade de *Stanford* e baseia-se num aglomerado de programas escritos na linguagem JAVA, assim disponibilizando um conjunto de serviços que permitem uma comunicação, de forma facilitada, num sistema distribuído.

A linguagem de comunicação utilizada nesta plataforma é KQML, explicada na secção 6.3.2. Esta plataforma utiliza um componente que tem por nome *Agent Message Router (AMR)*, representado na figura 16, que aparece em seguida.

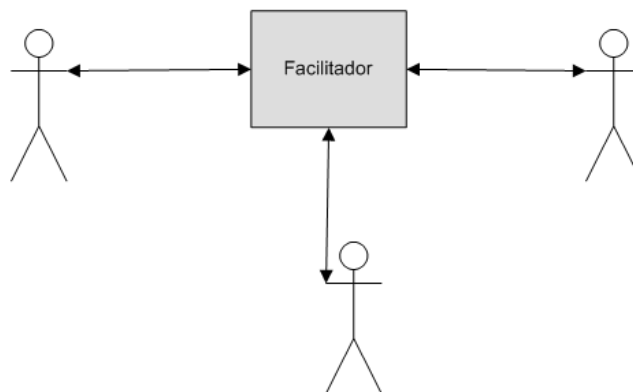


Figura 16 – Esquema de comunicação AMR

Qualquer agente que desejar utilizar o sistema necessita de se registar no AMR, utilizado para isso um utilizador e palavra-chave, correspondente.

Realizando um paralelismo com a plataforma analisada anteriormente (OAA), o AMR tem como objectivo gerir todo o processo de encaminhamento de mensagens, ou seja, recebe uma determinada mensagem de um agente emissor e entrega-a ao agente destinado à sua

recepção. Desta forma, não é necessário ao agente emissor conhecer os endereços dos diferentes agentes presentes no sistema, para que consiga enviar uma mensagem. É da exclusiva responsabilidade do AMR garantir a entrega das mensagens trocadas e manter todos os endereços, dos agentes presentes no sistema, actualizados. Um dos pontos positivos desta plataforma é a gestão feita quanto à existência de falhas no envio ou recepção de uma determinada mensagem, pois existe a possibilidade de uma determinada mensagem ser reenviada.

ZEUS [Nwana et al., 1999]

Esta plataforma foi desenvolvida pela equipa de investigação de Agentes Inteligentes da *British Telecommunications Laboratories* e usa para o desenvolvimento dos sistemas Multi-Agente um ambiente visual, que permite ao utilizador fazer de uma forma simples a especificação dos agentes, posteriormente sendo gerado o código, utilizando a linguagem JAVA, para os diferentes agentes especificados. Entre as várias funcionalidades, é possível salientar o facto da mesma fornecer ferramentas para o desenvolvimento de ontologias, suportar vários mecanismos de coordenação de agentes, fornecer agentes utilitários, permitir que os agentes encapsulem sistemas pré-existentes e suportar a utilização da linguagem de comunicação FIPA-ACL.

Esta plataforma é constituída por vários componentes, escritos em linguagem JAVA, que se encontram divididos da seguinte forma:

- Biblioteca de Componentes para Agentes – esta biblioteca tem como objectivo fornecer um conjunto de classes que permitem a construção de agentes. Estas classes permitem a configuração e utilização de aspectos relacionados com a comunicação, ontologia e coordenação dos diferentes agentes;
- Software para Desenvolvimento de Agentes – este software permite ao utilizador uma abstracção relativamente à utilização da biblioteca, permitindo assim um desenvolvimento mais rápido e mais intuitivo. É fornecido ao utilizador uma metodologia de criação de agentes que o guia, de uma forma faseada e visual, o processo de análise e desenvolvimento da sua aplicação;
- Agentes Utilitários – a plataforma disponibiliza uma série de agentes para desempenharem as funções básicas presentes num sistema multi-agente. Os agentes disponibilizados são: *Nameserver* (mantém a identificação das sociedades de agentes), *Facilitator* (armazena as capacidades de cada agente) e *Visualiser* (usados para testes, analisar e ver as sociedades de agentes). Um qualquer número de agentes de cada tipo pode ser usado, tendo como única limitação o *Nameserver*, pois só pode existir um.

6.3.2. Linguagem de Interação entre Agentes

A existência de um sistema multi-agente implica na sua essência que os agentes comuniquem entre si. O papel de uma linguagem de comunicação, no âmbito dos sistemas multi-agente, é configurar a forma pela qual é comunicado o conteúdo de uma mensagem [Labrou e Finin, 1997].

A linguagem de comunicação entre os agentes, num sistema multi-agente, deve permitir a comunicação entre os diferentes agentes independentemente da heterogeneidade apresentada, seja esta heterogeneidade relativa à plataforma de desenvolvimento, linguagem de programação, forma de representação de conhecimento ou sistema de raciocínio.

Tendo como objectivo a superação destes objectivos, foram desenvolvidas várias linguagens de comunicação entre agentes, sendo algumas delas referidas em seguida.

Knowledge Interchange Format (KIF) [KIF, 2010]

O KIF possui uma sintaxe que pode ser descrita através de três camadas. A primeira é relativa aos caracteres, que é a camada mais básica da linguagem, na segunda camada são formadas palavras que são usadas na terceira camada para formar expressões gramaticais.

Tendo em conta esta sintaxe a linguagem KIF denota um formalismo computacional para a troca de conhecimento entre sistemas computacionais. É do tipo declarativo e suporta a interpretação de expressões formuladas em termos de Lógica de Predicados de Primeira Ordem [Genesereth e Fikes, 1992].

Knowledge Query and Manipulation Language (KQML)

A linguagem KQML permite a comunicação entre agentes, descrita numa qualquer linguagem por eles escolhida, encapsulada numa mensagem KQML. A interpretação da mensagem, por parte, do KQML limita-se ao início e ao fim da mesma.

Esta linguagem desenvolve-se segundo as seguintes três camadas:

1. Conteúdo – é composto pela mensagem a ser transmitida e indicação da linguagem em que é representada. O agente receptor é que interpreta a mensagem enviada, tendo em conta este facto, o KQML aceita qualquer tipo de linguagem de recepção pois o conteúdo da mensagem é ignorado, no que diz respeito à interpretação do mesmo;

2. Mensagem – inclui, não apenas o conteúdo, mas também a intenção do emissor da mensagem, especificando qual o tipo de interacção entre os agentes emissor e receptor. É ainda possível complementar esta mensagem com informações como, a identidade do receptor, o formato da informação, ou da ontologia adoptada;
3. Comunicação – nesta camada é acrescentada a informação relacionada com a comunicação de baixo nível, como por exemplo: identidade do emissor e receptor, identificador único associado à comunicação, etc. Sem a existência destes parâmetros é impossível efectuar a transmissão de informação entre os agentes.

Inter-agent Communication Language (ICL)

A plataforma de desenvolvimento de agentes OAA, referida anteriormente na secção 6.3.1, utiliza o ICL como linguagem de comunicação dos agentes. Todos os agentes presentes no sistema utilizam esta linguagem para comunicarem, independentemente da plataforma onde se encontram a ser executados ou a linguagem de programação usada na sua concepção.

O desenvolvimento desta linguagem baseou-se na linguagem de programação Prolog, para desta forma ser possível utilizar as suas características, como por exemplo o *backtracking*.

De forma a simplificar a delegação de pedidos feita pelo facilitador, cada agente define e publica as funcionalidades que disponibiliza ao sistema, usando o ICL. Cada uma das funcionalidades disponibilizada pelo agente é chamada de *solvable*.

Como exemplo prático de um *solvable* temos a implementação de um sistema de *controlo de portas*. Podem ser definidos os seguintes *solvables*: mandar abrir ou fechar a porta, testar se a porta se encontra aberta ou então mostrar quem mandou abrir/fechar a porta.

6.3.3. Tecnologias usadas

O simulador descrito foi implementado na linguagem de programação Java [JAVA, 2010] e utilizando a plataforma de suporte ao desenvolvimento de agentes *Open Agent Architecture* (OAA) [OAA, 2010]. A linguagem de comunicação utilizada pelos agentes, e promovida pela plataforma OAA, é a *Interagent Communication Language* (ICL). Para a criação e gestão do *Fuzzy* foi usado o *JFuzzy*⁵

A linguagem Java, foi a escolhida devido a ser uma linguagem orientada ao objecto, independente do Sistema Operativo, que tem tido uma expansão crescente ao longo dos

⁵ <http://jfuzzylogic.sourceforge.net/html/index.html>

anos. Tanto a linguagem JAVA como a plataforma OAA possuem bons ambientes de desenvolvimento e uma comunidade extensa de programadores que contribuem, activamente, para a sua evolução.

A selecção da plataforma de suporte e desenvolvimento de agentes OAA deveu-se, entre outros motivos, à facilidade com a qual suporta a gestão das diferentes comunicações entre agentes isto permite que os agentes sejam escritos nas mais variadas linguagens de programação e executados nos mais diversos sistemas. Também prima pela simplicidade com que é possível adicionar, remover ou substituir os agentes presentes no sistema.

A gestão do processo de troca de mensagens será entregue à plataforma OAA, pelos motivos supra-referidos.

O ambiente de desenvolvimento seleccionado foi o NetBeans [NETBEANS, 2010]. Esta escolha deveu-se, principalmente, à facilidade de desenho de interfaces.

6.3.4. Arquitectura do simulador desenvolvido

Este simulador é constituído por várias entidades, cada uma possuindo diferentes funções e objectivos. Estas entidades são: Agentes Compradores, Agentes Vendedores, Agente Relógio, Agente Mercado e o Agente Controlador. Todos estes Agentes serão explicados em pormenor nas secções seguintes.

O objectivo dos Agentes Compradores e Vendedores é, como não podia deixar de ser, fazer o melhor negócio possível, ou seja, seleccionar as entidades mais promissoras para a melhor satisfação de uma determinada necessidade. Nesta avaliação realizada, no simulador desenvolvido, além de serem ponderadas as questões mais usuais neste tipo de negócios (relação: preço qualidade, preço quantidade, preço prazo de entregar, etc.) também é ponderada a credibilidade e reputação de uma determinada entidade, para que o negócio se realize.

O Agente de Mercado é responsável pela construção e manutenção da ontologia do domínio, assim como, facultar essa informação aos Agentes que assim o desejarem. Este Agente também gere a presença de todos os outros Agentes na plataforma negocial, ou seja, todos os Agentes que desejem negociar no sistema têm de se registar junto deste Agente. Por último, é ainda responsável por estabelecer o contacto inicial entre os Agentes que possam ter interesse em negociar entre si.

O Agente Controlador existe para representar a existência de uma entidade externa ao mercado de comércio electrónico, que vai ter como função armazenar e disponibilizar, aos agentes que assim o desejarem, as avaliações públicas realizadas em cada transacção efectuada.

Relativamente aos bens transaccionados, estes possuem uma ontologia associada que deve ser conhecida por todas as entidades representadas no simulador.

6.3.5. Interacção entre os Agentes

Como componente central desta plataforma existe o agente facilitador, sendo que qualquer agente presente no sistema é obrigado a registar-se junto do mesmo. O facilitador, enquanto entidade central da plataforma OAA, armazena a informação relativa a todos os agentes do sistema, isto é, a sua identidade, localização e informação útil sobre as suas competências.

Assim sendo, o agente facilitador terá as seguintes tarefas:

- Procede à identificação e registo de todos os agentes intervenientes na simulação;
- Monitoriza e facilita a troca de mensagens entre as entidades presentes no simulador.

Na sua génese a plataforma OAA não se encontra vocacionada para ambientes de simulação, mas graças à facilidade com que permite a adaptação a novos tipos de cenários, foi possível acrescentar mecanismos de controlo temporal, nomeadamente o Agente Relógio. Esta entidade é responsável por controlar o mecanismo de evolução temporal das simulações realizadas.

Comunicação entre agentes

Um Agente, no âmbito do sistema desenvolvido, é representado no sistema pelos serviços que disponibiliza. Estes serviços disponibilizados, na plataforma OAA, têm o nome de *solvables*.

Um determinado agente quando se regista junto do facilitador, anuncia os seus *solvable*s (estes *solvable*s, são mantidos numa lista própria a cada agente) que representam as mais variadas acções que é capaz de realizar em resposta a um pedido anunciado na plataforma. Tendo em conta a base da linguagem ICL ser o Prolog, os *solvable*s possuem a seguinte forma:

Pedido(solvable,parâmetros,respostas)

Em cada pedido existirá um *solvable* que vai conter a capacidade requisitada, pelo pedido efectuado. Este tem como objectivo filtrar os agentes que vão interpretar um determinado pedido, pois só os agentes que registaram esse *solvable*, aquando do registo na plataforma, vão ser capazes de interpretar o mesmo e realizar a tarefa/acção correspondente. Esta tarefa/acção pode, ou não, implicar uma resposta ao agente que realizou o pedido.

Os *parâmetros*, tal como o nome indica, são os parâmetros associados ao pedido *solvable* efectuado. Estes *parâmetros* podem ser desde informação complementar necessária para executar o pedido, como também podem servir de filtro (os *parâmetros* podem conter uma lista de agentes específica, para o qual se deseja enviar determinado pedido).

Como última variável, existem as *respostas*. Esta variável contém as respostas dos agentes ao pedido, podem ser resultados ou então, simplesmente, uma validação que o pedido foi efectuado. Em termos de quantidade, as respostas podem ser: nenhuma, uma ou várias.

Tal como foi referido na secção 6.3.2, a linguagem de interacção entre agentes utilizada pela plataforma OAA, é o *Inter-agent Communication Language* (ICL). O ICL é responsável por estruturar, transmitir e manusear os eventos de comunicação que existem na plataforma.

6.4. Agentes presentes no Simulador

Neste simulador, tal como num mercado de comércio electrónico real, cada agente tem as suas próprias funções e objectivos. Esta secção tem por objectivo abordar o modo de funcionamento de cada um destes Agentes, assim como as suas funções e objectivos.

6.4.1. Agente Mercado

O Agente Mercado é uma peça central do mercado implementado. Ele tem como principal função gerir as entradas e saídas dos agentes e a forma como interagem entre si.

Por análise do *Use-Case* da Figura 17 é possível identificar as seguintes funcionalidades, que fazem parte das capacidades do Agente de Mercado:

- Recepção dos registos dos agentes: é uma das principais funções do Agente Mercado. Este agente recebe a apresentação dos Agentes Vendedores e Compradores que desejam participar na negociação no mercado de comércio electrónico. Quer os Agentes Compradores como os Agentes Vendedores fornecem, aquando da apresentação, os seguintes dados: nome do agente, porto e o endereço IP. Tendo em conta a sua especificidade, os Agentes Vendedores, ainda fornecem os produtos que comercializam;
- Facilita o contacto entre Agentes Vendedores e Agentes Compradores: os Agentes Compradores, aquando do início do período de procura de parceiros de negociação, questionam o Agente de Mercado de forma a descobrirem quais são os Agentes Vendedores que comercializam o produto que desejam adquirir;
- Disponibilização da informação de contacto do Agente Controlador: enquanto entidade externa de controlo do mercado, o Agente Controlador, também se identifica junto do Agente de Mercado, desta forma o Agente de Mercado disponibiliza estes dados, aos Agentes de que assim o desejarem, de forma a ser possível o contacto entre estas diferentes entidades.

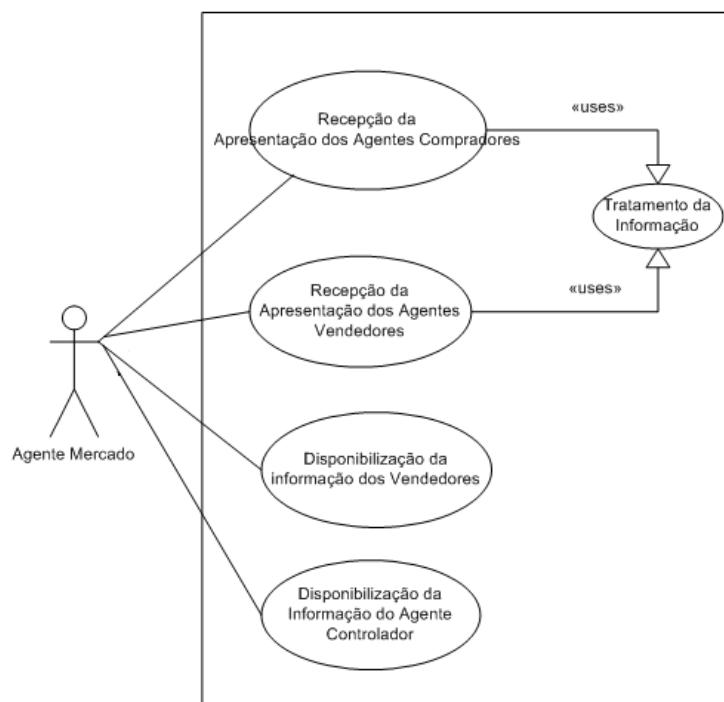


Figura 17 – Diagrama de Casos de Uso do Agente Mercado

Tendo em conta as funcionalidades referidas, o Agente Mercado que inicialmente é o único Agente que conhece todos os outros agentes presentes no mercado, ou seja, a conhecer o seu número, tipo e localização. Neste sentido é possível comparar o funcionamento do Agente Mercado com o de um “Quadro Negro”, ou seja, todos os agentes presentes no mercado registam a sua informação relevante para o mercado e possuem a capacidade de consultar a mesma.

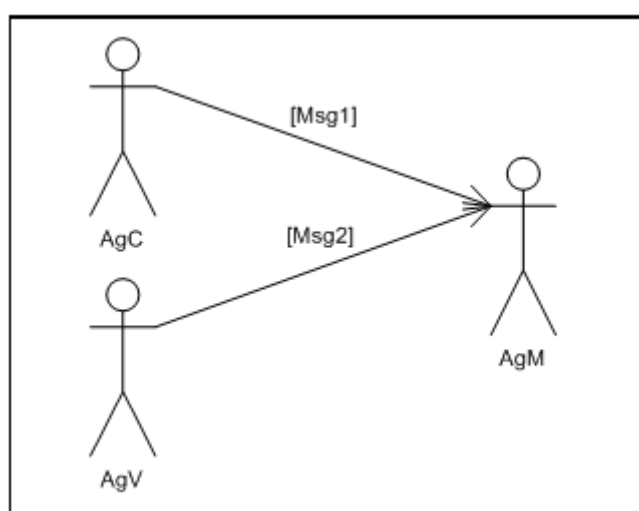


Figura 18 – Fase inicial de Registo no mercado

Nesta primeira fase o Agente Comprador (*AgC*) e o Agente Vendedor (*AgV*) apresentam-se ao Agente Mercado (*AgM*). Na **Msg1** o *AgC* revela o seu endereço IP, nome e porto utilizado para a comunicação. Na **Msg2** o *AgV* revela o seu endereço IP, nome, porto utilizado para a comunicação e os produtos que transacciona.

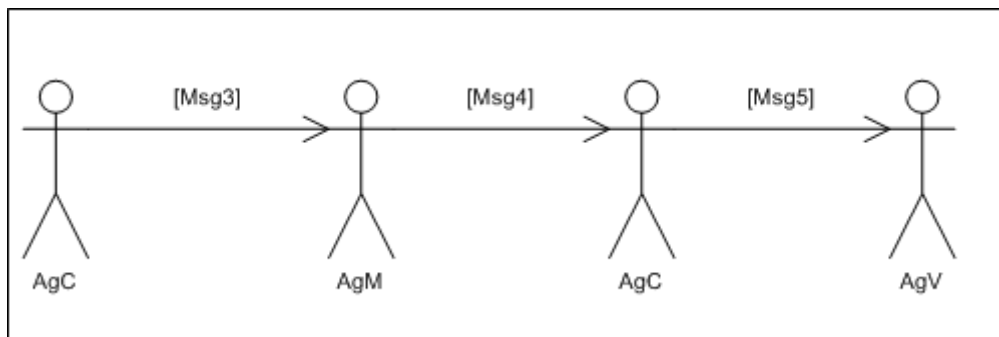


Figura 19 – Início do processo de negociação

No início do processo de negociação o *AgC* pergunta ao *AgM*, através da **Msg3**, quais são os Agentes Vendedores que transaccionam o produto pretendido. O *AgM*, após consulta dos dados referentes aos Agentes Vendedores, responde ao *AgC*, através da **Msg4**, enviando uma lista com os dados dos Agentes Vendedores que transaccionam determinado produto. Após a recepção e interpretação da resposta do *AgM*, o *AgC* envia pedidos de propostas para os *AgV* (**Msg5**).

No seguimento deste processo, os Agentes negociam entre si através de propostas e contra-propostas. O número de vezes que este processo de negociação se repete pode ser definido no interface do simulador desenvolvido. Por omissão este valor é dois, ou seja, existe uma proposta e uma possibilidade de contra-proposta.

6.4.2. Agente Controlador

Este agente tem como função representar uma entidade externa, e fidedigna, ao mercado para armazenar todas as avaliações públicas dos agentes. A existência deste agente pretende replicar um comportamento já existente em vários mercados de comércio electrónico, ou seja, a existência de uma avaliação realizada por todos os membros do mercado electrónico após a conclusão de um determinado negócio.

Cada avaliação realizada terá um dos seguintes valores:

- (-1) – Esta avaliação é dada, caso o agente não tenha cumprido o acordo alcançado aquando a negociação;

- (+1) – Esta avaliação corresponde à conclusão com sucesso e na totalidade do acordo alcançado;

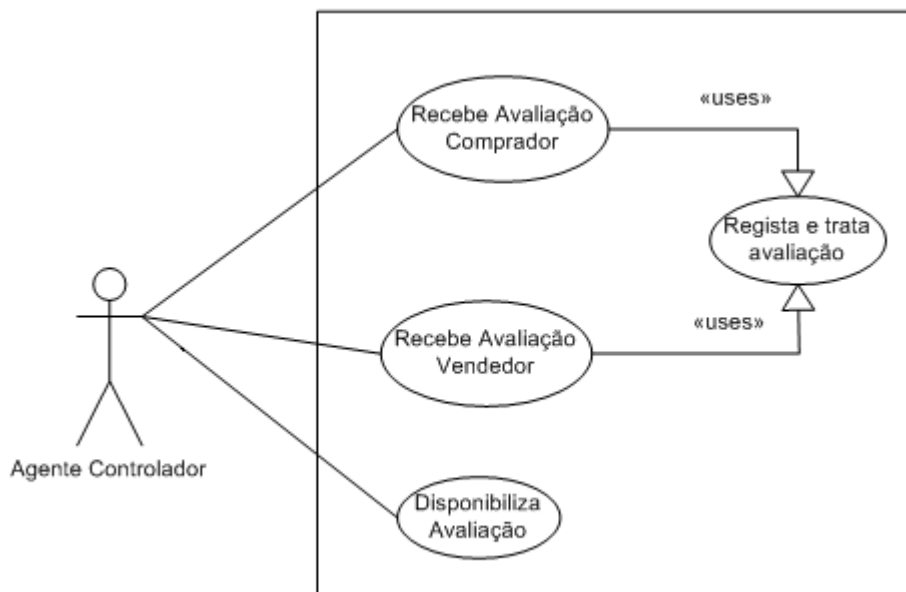


Figura 20 – Diagrama de Casos de Uso do Agente Controlador

Após a análise do diagrama de *Casos de Uso* apresentado na Figura 20, é possível detectar as seguintes funcionalidades:

- Recepção das avaliações dos Compradores e Vendedores: este Agente recebe, trata e armazena as avaliações fornecidas por cada agente em cada transacção realizada;
- Disponibilização das avaliações: este agente pode fornecer um somatório das avaliações realizadas sobre um determinado agente, um somatório de todas as avaliações resultantes dos negócios efectuados entre dois agentes específicos, ou então, a avaliação realizada numa determinada transacção.

6.4.3. Agente Relógio

A existência deste agente prende-se com o simulador desenvolvido. Este agente tem como função principal gerir o evoluir das fases de simulação. Além de ser extremamente simples, é de vital importância, pois a sua existência permite a realização de simulações controladas e a obtenção de dados fidedignos.

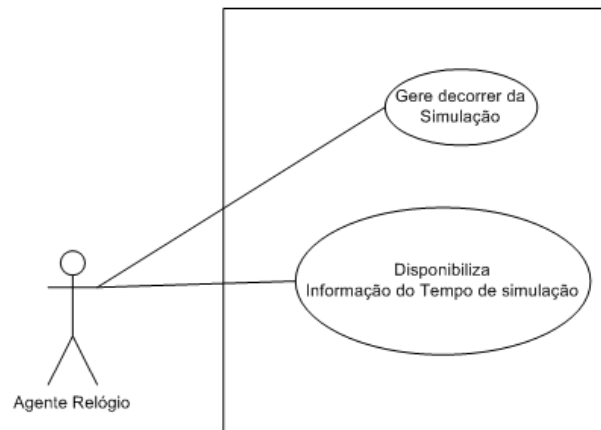


Figura 21 – Diagrama de Casos de Uso do Agente Relógio

Como é possível verificar pela análise do diagrama de *Casos de Uso* apresentado na Figura 21, o Agente Relógio sobressai pela sua simplicidade. Na sua lista de funcionalidades existem:

- Gere o decorrer da simulação: o Agente Relógio controla o início e o fim de cada uma das fases de simulação. Estas fases vão ser explicadas mais à frente na secção **XX**;
- Informa o tempo actual da simulação: disponibiliza o tempo actual da simulação, de forma a existir um controlo mais efectivo do decorrer da simulação. Esta informação é disponibilizada a qualquer agente presente no sistema que assim o deseje.

6.4.4. Agente Comprador

O Agente Comprador, a par do Agente Vendedor, é um dos agentes mais importantes presentes no sistema, pois representa a entidade física comprador. Um mercado, incluindo nesta designação o mercado de comércio electrónico, só faz sentido existir se existirem compradores e vendedores para existirem trocas comerciais, deste facto advém a sua importância.

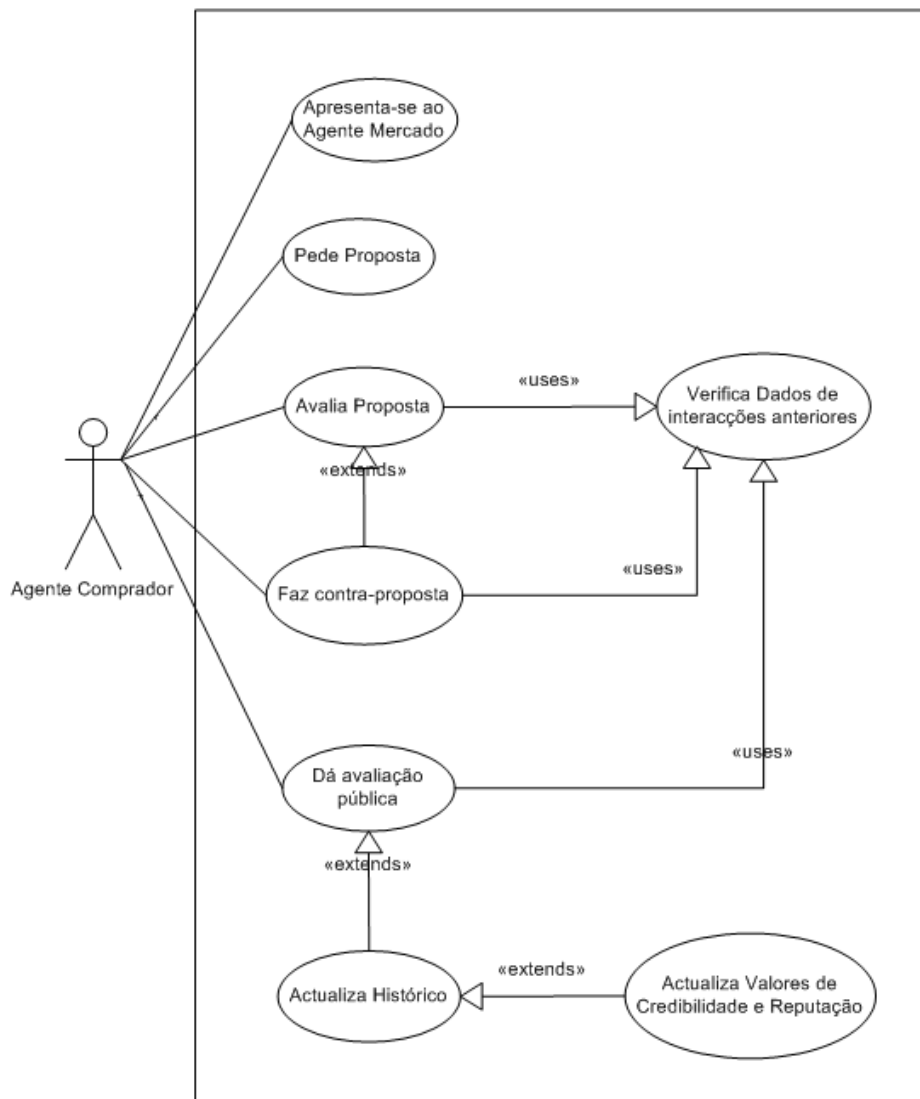


Figura 22 – Diagrama de Casos de Uso do Agente Comprador

Analisando o diagrama de *Casos de Uso* apresentado na Figura 22 é possível concluir que as funcionalidades associadas a este agente são as seguintes:

- Capacidade de apresentação do agente ao mercado: este tipo de agentes apresenta-se ao Agente Mercado, anunciando as suas informações mais relevantes para ser possível a comunicação;
- Requisição de propostas: após questionar o Agente Mercado sobre quais são os Agentes Vendedores que comercializam o bem ou serviço desejado. Pede aos mesmos, propostas para o serviço ou bem desejado;
- Avaliação de Propostas: todas as propostas recebidas são avaliadas, de acordo com o objectivo do Agente Comprador, e consoante o grau de satisfação da proposta.

Nesta avaliação são ponderadas interações passadas e é também aplicado o modelo de Avaliação de Credibilidade e Reputação proposto;

- Realização de Contra-Propostas: Caso a proposta seja interessante, mas não o suficiente, ou então o Agente Comprador “pense” que consegue um melhor negócio tenta fazer uma contra-proposta. Este valor é ponderado com as interações anteriores;
- Emissão de avaliação pública: Após o negócio ser concluído é feita a avaliação pública, referida na secção 6.4.2, e é comunicada ao Agente Controlador;
- Actualização do histórico: esta funcionalidade corresponde ao último passo de negociação. Neste passo é actualizado o valor associado a credibilidade e reputação do Agente Vendedor com que foi efectuado o negócio;

Estas funcionalidades foram descritas tendo por base os valores por omissão do simulador desenvolvido, ou seja, será feita uma proposta e, no máximo, uma contra-proposta.

Além destas funcionalidades os Agentes Compradores possuem determinadas características. Estas características podem ser divididas em características estratégicas e pessoais.

O conjunto das características estratégicas pode ser representado da seguinte forma:

$$\text{Estratégia} = \{\text{ansioso}, \text{calmo}, \text{poupado}, \text{gastador}, \text{neutro}\}$$

A estratégia de um Agente Comprador do tipo *ansioso* representa um agente que tenta logo no início dos períodos de negociação, obter todos os bens ou serviços desejados, sem se preocupar em esperar para tentar obter melhores preços. Na Figura 23 é apresentado um gráfico ilustrativo desta estratégia, ou seja, o evoluir dos valores de licitação ao longo do tempo.

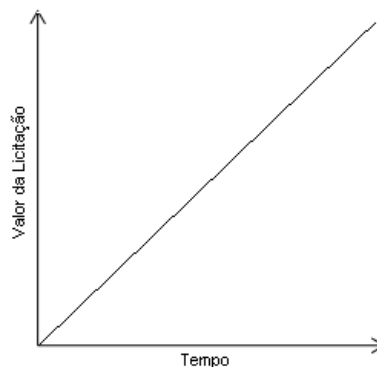


Figura 23 – Gráfico representativo do estereótipo *ansioso*

O Agente Comprador do tipo *calmo* é o oposto de um agente do tipo *ansioso*, ou seja, espera os últimos períodos de negociação para tentar obter os melhores negócios. Na Figura 24 é apresentado um gráfico ilustrativo desta estratégia, ou seja, o evoluir dos valores de licitação ao longo do tempo.

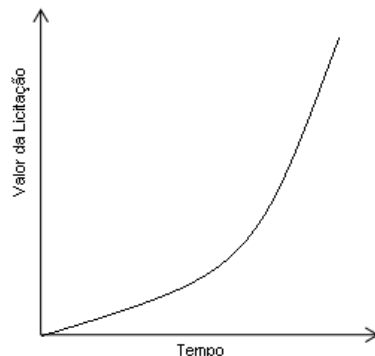


Figura 24 – Gráfico representativo do estereótipo *calmo*

Um Agente Comprador do tipo *poupado* é um tipo de agente que tenta sempre obter os negócios ao valor mais baixo possível. Mesmo que isto signifique, por vezes, não conseguir concretizar os seus objectivos. Na Figura 25 é apresentado um gráfico ilustrativo desta estratégia, ou seja, o evoluir dos valores de licitação ao longo do tempo.

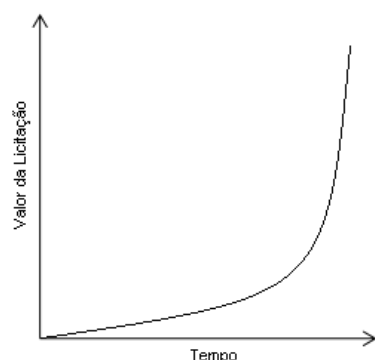


Figura 25 – Gráfico representativo do estereótipo *poupado*

Um Agente Comprador do tipo *gastador* tem menos preocupação com o seu nível monetário, em comparação com um agente do tipo *poupado*. Este agente foca a sua acção em concretizar os seus objectivos em detrimento do seu nível monetário. Na Figura 26 é apresentado um gráfico ilustrativo desta estratégia, ou seja, o evoluir dos valores de licitação ao longo do tempo.

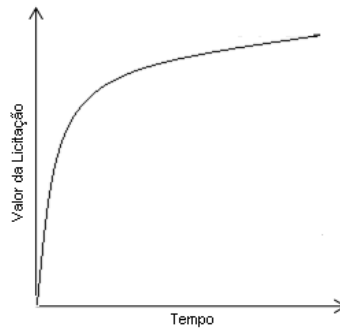


Figura 26 – Gráfico representativo do estereótipo *gastador*

Por fim, um Agente Comprador do tipo *neutro* tenta gastar só o necessário para conseguir atingir os seus objectivos e tenta repartir os seus objectivos, no que toca a quantidades, tenta distribuir uniformemente pelo número total de períodos definido. Na Figura 27 é apresentado um gráfico ilustrativo desta estratégia, ou seja, o evoluir dos valores de licitação ao longo do tempo.

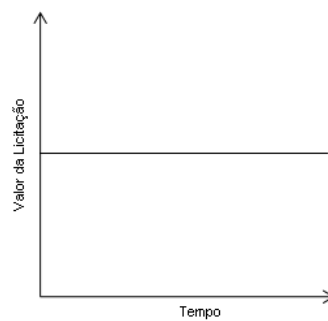


Figura 27 – Gráfico representativo do estereótipo *neutro*

As características pessoais prendem-se aos objectivos de cada Agente Comprador, ou seja, com os bens ou serviços que desejam adquirir. Pode ser dado o seguinte exemplo para exemplificar este tipo de características: um Agente Comprador pretende adquirir o bem *computador*, na quantidade *10*, com a qualidade *B* e para o prazo *10* dias.

6.4.5. Agente Vendedor

Tal como o Agente Comprador é responsável pela modelação da entidade física correspondente ao comprador, o Agente Vendedor é responsável por modelar a entidade física vendedor. Este agente possui uma caracterização de acordo com o especificado na secção 5.2.4 (Agente Vendedor e Agente Comprador).

O principal objectivo deste tipo de agentes é conseguir obter os melhores preços pelos produtos ou serviços comercializados no mercado de comércio electrónico. Para conseguir atingir este objectivo, os Agentes Vendedores têm de possuir a capacidade de cativar os Agentes Compradores e ao mesmo tempo conseguirem concretizar os seus próprios objectivos.

Após a análise do diagrama de *Casos de Uso* representado na Figura 28, é possível concluir que os Agentes Vendedores possuem as seguintes funcionalidades:

- Apresentação ao Agente Mercado: este tipo de agentes apresenta-se ao Agente Mercado, anunciando as suas informações mais relevantes para ser possível a comunicação e os produtos ou serviços que comercializa. Desta forma possibilita que a sua informação seja fornecida aos Agentes Compradores assim que questionarem o Agente Mercado sobre um determinado produto;
- Emissão de proposta: o Agente Vendedor recebe um pedido de proposta por parte de um Agente Comprador. O agente formaliza esta proposta (baseando-se no historial de negociação, da quantidade em stock, do preço médio de comercialização do produto, entre outros) e envia a mesma ao Agente Comprador;
- Avaliação de contra-proposta: quando a proposta não agrada o Agente Comprador é feita uma contra-proposta. O Agente Vendedor avalia a contra-proposta e aceita-a ou rejeita-a;
- Realização da avaliação pública: Após o negócio ser concluído é feita a avaliação pública, referida na secção 6.4.2, e é comunicada ao Agente Controlador;
- Actualização do histórico: esta funcionalidade corresponde ao último passo de negociação. Neste passo é actualizado o valor associado a credibilidade e reputação do Agente Comprador com que foi efectuado o negócio.

Estas funcionalidades foram descritas tendo por base os valores por omissão do simulador desenvolvido, ou seja, será feita uma proposta e, no máximo, uma contra-proposta.

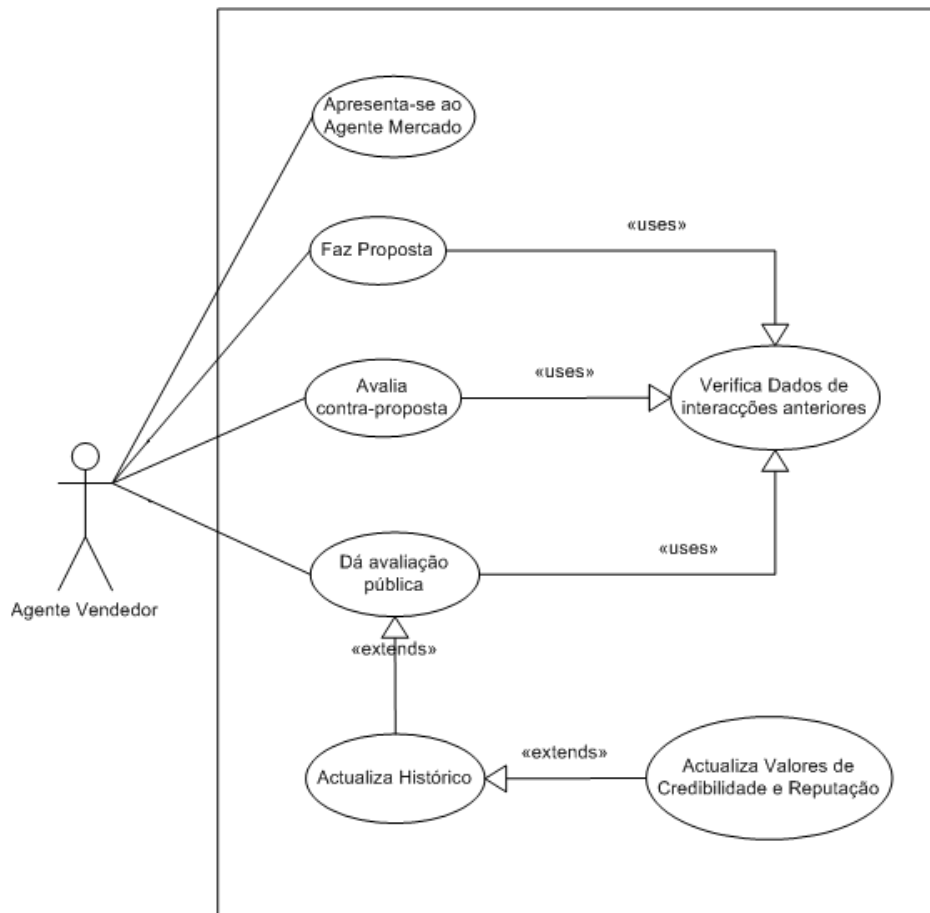


Figura 28 – Diagrama de *Casos de Uso* do Agente Vendedor

6.5. Simulador

O simulador utilizado para modelar os diferentes cenários, úteis para a análise da validade do Modelo de Avaliação de Credibilidade e Reputação proposto, foi desenvolvido de raiz e com o intuito de ser uma ferramenta flexível de forma a permitir uma adaptação simples e eficiente aos mais diversos cenários de simulação.

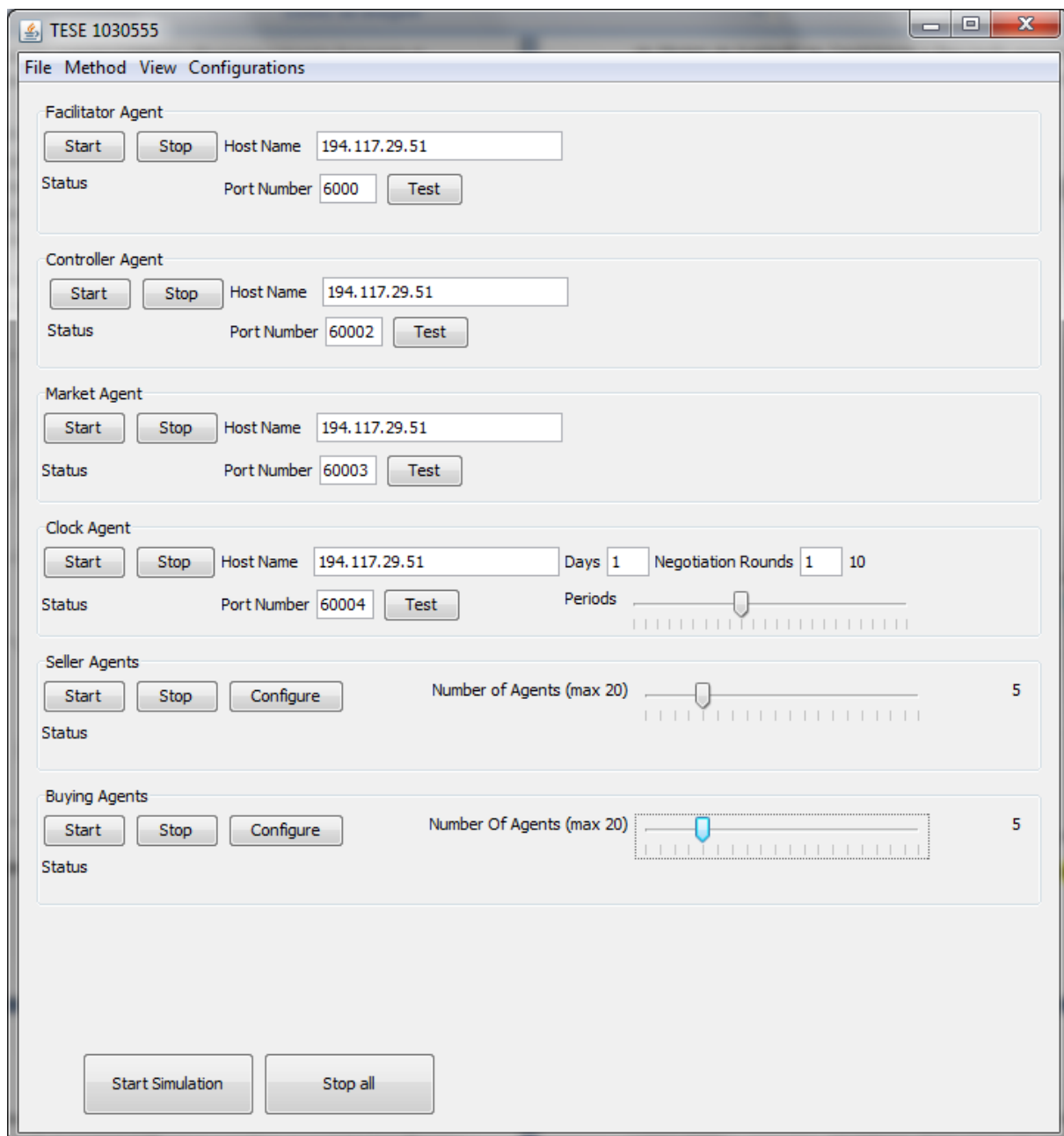


Figura 29 – Ecrã principal do Simulador

A figura 29 representa o interface principal do simulador. Entre as mais variadas opções de configuração disponíveis neste ecrã, é possível configurar e quantificar os agentes que vão estar presentes durante a simulação, assim como, a selecção do método a utilizar para a avaliação da credibilidade e reputação dos agentes. O software desenvolvido permite guardar e carregar todas as configurações usadas num determinado cenário de simulação. Este ficheiro é um ficheiro com extensão XML (*eXtensible Markup Language*). Um exemplo de um ficheiro de configuração é apresentado em anexo.



Figura 30 – Ecrã de configuração de Produtos

Na figura 30 é possível adicionar ou remover produtos ao simulador, ou seja, é possível transaccionar qualquer um destes produtos no mercado de comércio electrónico.

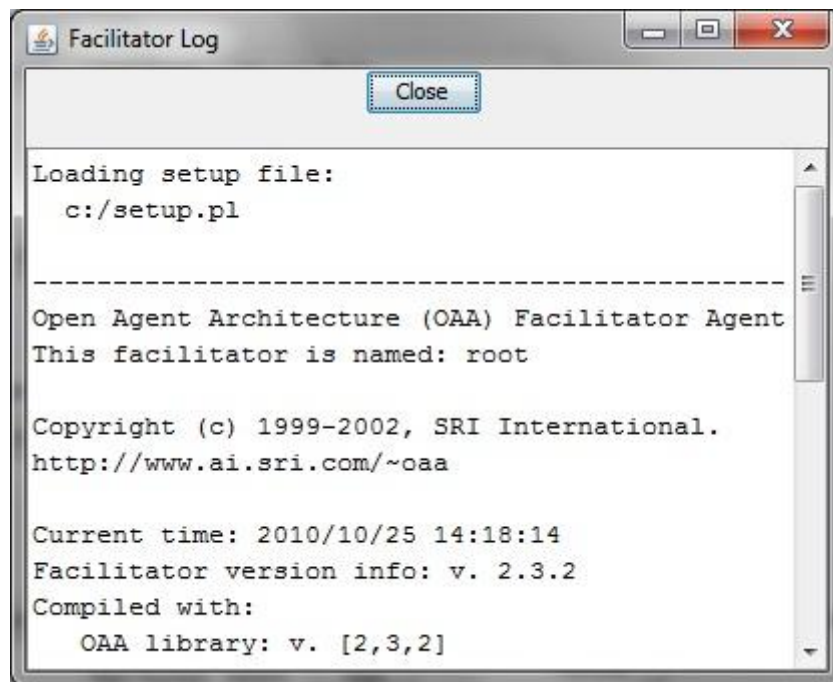


Figura 31 – Ecrã de visualização de logs

Na figura 31 é apresentado um ecrã de visualização das mensagens e acções realizadas pelos agentes presentes no sistema. Cada grupo de agentes possui o seu próprio visualizador. Neste caso específico, é mostrado o ecrã correspondente ao agente facilitador.

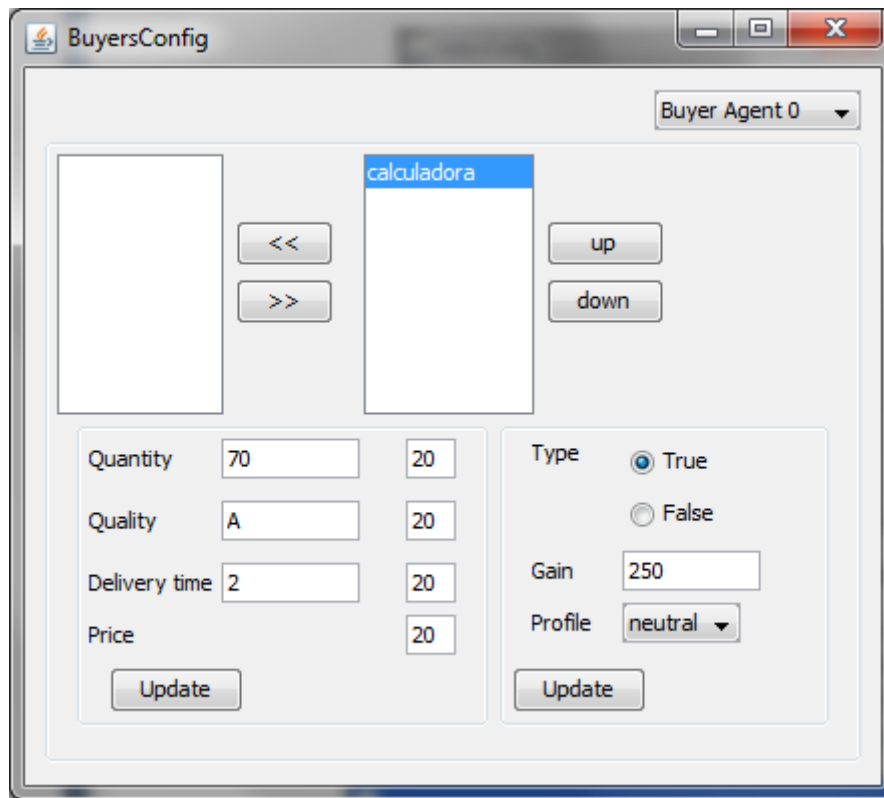


Figura 32 – Ecrã de configuração dos Agentes Compradores

Na figura 32 é apresentado um dos ecrãs mais complexos deste simulador. Neste ecrã é possível configurar todos os Agentes Compradores. Esta configuração envolve a definição dos produtos que são englobados nos desejos de cada um dos agentes. Estes produtos apresentam-se por ordem de preferência, ou seja, do mais desejado para o menos desejado. Cada um destes produtos seleccionados possui a informação: da quantidade, da qualidade e do prazo desejados pelo agente. Para cada uma destas características pode ser definido o seu grau de importância para a negociação, o somatório dos quatro graus de importância tem de ser igual a 100. Adicionalmente existem também as informações relativas ao agente, estas informações são:

- Tipo: se o agente é “Verdadeiro” ou “Falso”;
- Ganho: o valor que será acrescentado ao crédito do Agente por cada dia de negociação que passa;
- Perfil: esta opção permite seleccionar qual dos perfis abordados na secção 6.4.4 é o seleccionado para cada Agente Comprador.

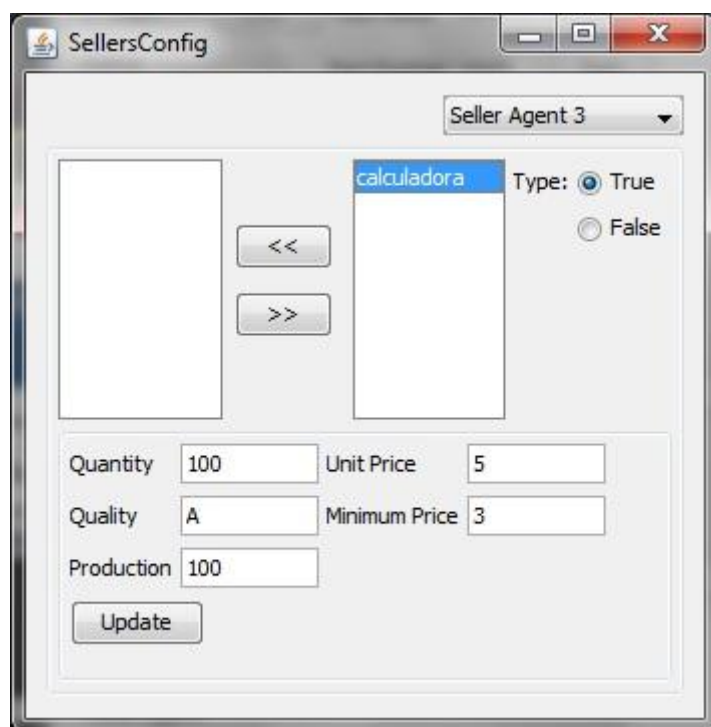


Figura 33 – Ecrã de configuração dos Agentes Vendedores

O ecrã apresentado na figura 33 permite configurar para cada Agente Vendedor quais são os produtos que transacciona, a quantidade que possui em stock de cada um, a sua qualidade, produção diária, preço unitário e preço mínimo. Além das informações relativas aos produtos também é possível definir o tipo de agente (Verdadeiro ou Falso).



Figura 34 – Gráfico *Fuzzy* relativo à decisão final do processo de negociação

A figura 34 representa o gráfico *Fuzzy* responsável pela ponderação da decisão final do processo de negociação por parte do Agente Vendedor. Cada Agente Vendedor no processo de negociação com um Agente Comprador emite uma proposta para um determinado desejo publicitado pelo Agente Comprador.

Esta decisão final baseia-se nos seguintes factores:

- Quantidade Ponderada – este valor é relativo à relação entre o valor desejado pelo Agente Comprador e o valor actualmente em stock;
 - $QtdPonderada = \{\text{risco, normal, folgado}\}$
- Volume de Vendas – este valor reflecte até que ponto determinado produto está a ser negociado frequentemente, ou seja, com muita procura por parte do mercado;
 - $VolumeDeVendas = \{\text{baixo, médio, alto}\}$
- Risco de Fuga – Este valor pondera sobre a relação entre o número de negociações iniciadas com determinado Agente Comprador e efectivamente concluídas.
 - $RiscoDeFuga = \{\text{baixo, médio, alto}\}$

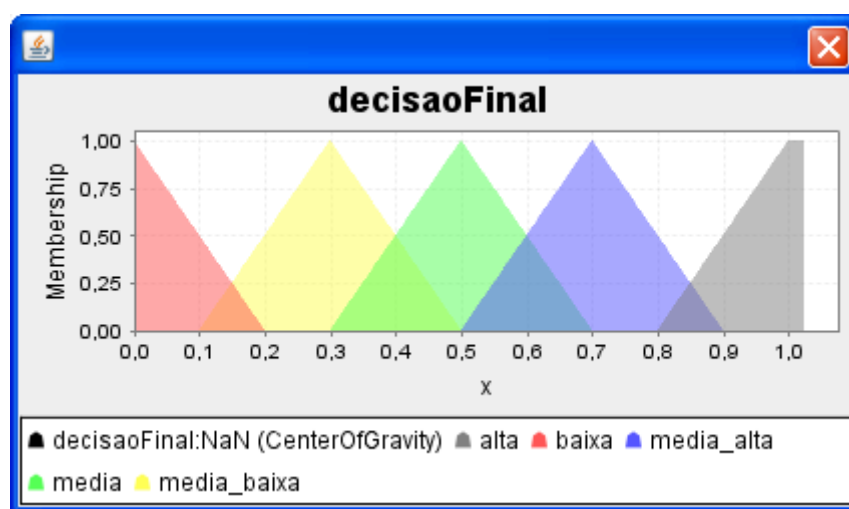


Figura 35 – Gráfico *Fuzzy* relativo ao modelo proposto

Na figura 35 é apresentada a visualização proporcionada pelo simulador desenvolvido, para a decisão final de modelo proposto e desenvolvido no âmbito deste trabalho. A explicação deste modelo já foi abordada na secção 5.3.

6.6. Caso de estudo

Nesta secção serão apresentados e analisados cinco casos de estudo que representam vários contextos enquadrados num mercado de comércio electrónico. Esta representação foca-se na sua componente competitiva e no comportamento exibido pelos agentes presentes no mercado para a concretização dos seus objectivos.

Os casos seleccionados foram escolhidos de forma a ilustrar as funcionalidades do simulador, mas também para permitir demonstrar a utilidade do modelo de avaliação da

credibilidade e reputação proposto. Os cenários representados são relativamente simples e esta escolha tem como objectivo facilitar a descrição, interpretação, obtenção de conclusões e facilitar a transmissão para o leitor dos conceitos inerentes ao simulador desenvolvido, assim como, do modelo proposto.

6.6.1. Definição dos Casos de Estudo e Análise de Resultados

O simulador desenvolvido teve como um dos objectivos principais, tal como foi referido no início da secção 6.5, ser flexível de forma a ser possível adaptar-se aos mais variados cenários, e não só aos cenários que se enquadrem no âmbito deste documento. Sendo assim, cada utilizador possui a liberdade de definir os seus próprios cenários e de definir todas as características do sistema, e participantes, com o nível de pormenor que desejar. Todas estas características são referidas na secção 6.5, juntamente com imagens ilustrativas de cada um dos ecrãs de configuração.

Entre estas características é possível definir, para cada mercado simulado, o número de dias que desejamos que a simulação dure, juntamente com o número de períodos diários e o número de rondas de negociação. Estes períodos têm um número máximo de 24, pois cada período tem por objectivo representar o número de horas de cada dia. Além da definição das características referidas anteriormente, o simulador desenvolvido, também permite executar as simulações de uma forma distribuída, ou seja, os agentes podem estar localizados em locais diferentes. Esta funcionalidade ganha particular importância quando o utilizador tem por objectivo testar o comportamento de uma determinada rede, com a troca de mensagens entre vários agentes.

No que toca aos resultados obtidos, podem ser divididos em duas grandes classes:

- Resultados económicos: estes resultados reflectem até que ponto cada agente conseguiu satisfazer os seus objectivos da forma mais atractiva economicamente. Cada agente possui os seus objectivos por dia de negociação, estes objectivos são repartidos pelo número de períodos definido;
- Resultados baseados no modelo: estes resultados reflectem a capacidade do agente de avaliar a credibilidade e reputação de outros agentes com os quais negociam. Estes resultados são os mais importantes para a realização deste trabalho.

Cada um dos casos de estudo, apresentados em seguida, tem a sua particularidade. O primeiro caso demonstra o comportamento do modelo proposto quando todos os agentes são do *tipo Verdadeiro*. O segundo é o oposto do anterior, ou seja, todos os agentes são do *tipo Falso*. Os três casos seguintes representam várias situações em que existe um número misto de agentes do *tipo Verdadeiro* e *Falso*. Todas as especificidades e pormenores são apresentados em seguida.

6.6.2. Simulação do Modelo Proposto

Estes casos de estudo têm como objectivo validar a aplicabilidade do Modelo de avaliação de credibilidade e reputação proposto. Nestes casos de estudo vai ser usada a mesma configuração de mercado, apresentada na tabela 4.

Tabela 4 – Configuração do Mercado para os Casos de Estudo

Características	Valores
Número de Dias	1
Número de Períodos	10
Número de Rondas de Negociação	1
Número de Agentes Compradores	5
Número de Agentes Vendedores	5
Número de Produtos	1 (calculadora)

O número de rondas de negociação representa o número de contra-propostas permitidas, antes de ser emitida uma decisão final, ou seja, neste caso só é permitida uma contra-proposta.

A configuração dos Agentes Compradores também vai ser constante para os diferentes casos de estudo, de forma a poder comparar o evoluir dos valores de credibilidade e reputação atribuídos aos Agentes Vendedores, pelo modelo proposto.

Tabela 5 – Configuração dos Agentes Compradores

Características	AgC0	AgC1	AgC2	AgC3	AgC4
Quantidade (Importância)	70(20)	70(20)	70(20)	70(20)	70(20)
Qualidade (Importância)	A(20)	A(20)	A(20)	A(20)	A(20)
Prazo (Importância)	1(20)	1(20)	1(20)	1(20)	1(20)
Preço (Importância)	(20)	(20)	(20)	(20)	(20)
Saldo	250	250	250	250	250
Perfil	neutro	ansioso	calmo	gastador	poupado

Na tabela 5 estão enunciadas as configurações dos Agentes Compradores, a importância de cada uma das características é muito similar, tendo sido dada maior relevância à característica *quantidade*. Também foi retirada a característica *ganho*, pois o valor do saldo é renovado a cada período que passa.

As ponderações atribuídas a cada um dos componentes que constituem o modelo proposto apresentado na secção 5.3 são iguais entre si, ou seja, cada um dos atributos que permitem a realização da avaliação tem o valor 1/5. Consequentemente, as variáveis Y1, Y2, Y3 e Y4 possuem o valor 1/4, ou seja, cada uma tem como valor de importância 20.

Esta decisão pretende facilitar as simulações dos casos de estudo apresentados, sendo desta forma mais fácil verificar em que medida cada módulo afecta o valor final de credibilidade e reputação. Cada um dos casos de estudo apresentados será acompanhado por um gráfico representativo da evolução dos valores de Credibilidade e Reputação. Note-se que cada um dos gráficos terá a sua própria escala para uma melhor apresentação e compreensão dos dados apresentados no mesmo.

Caso 1 – Todos os Agentes Vendedores Verdadeiros

Neste caso de estudo, todos os Agentes Vendedores são do *tipo Verdadeiro*, de forma a possibilitar a avaliação do desempenho do modelo para Agentes Vendedores com características similares. Na tabela 6 são apresentados os valores de configuração dos Agentes Vendedores.

Tabela 6 – Configuração dos Agentes Vendedores Caso 1

Características	AgV0	AgV1	AgV2	AgV3	AgV4
Quantidade	100	100	100	100	100
Qualidade	A	A	A	A	A
Preço Unitário	5	6	5	5	5
Preço Mínimo	3	3	3	3	3
Tipo	Verdadeiro	Verdadeiro	Verdadeiro	Verdadeiro	Verdadeiro
Produção	70	70	70	70	70

Foi atribuído ao Agente Vendedor 1 um valor de *preço unitário* superior, para que seja possível verificar como esta característica afecta o valor da credibilidade e reputação atribuído a este agente ao longo dos diferentes períodos de simulação.

Na figura 36 são apresentados os resultados obtidos para a simulação do cenário enunciado.

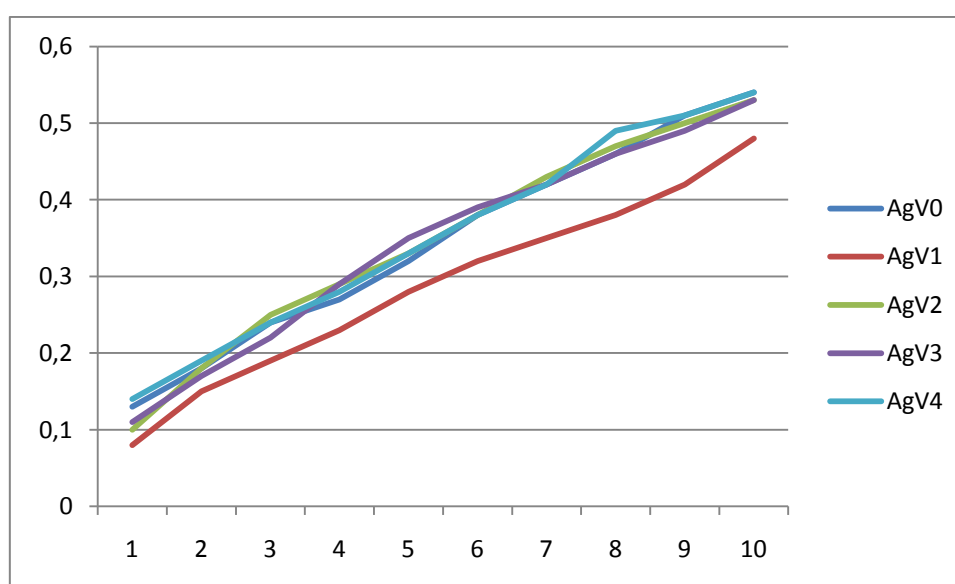


Figura 36 – Gráfico da Credibilidade e Reputação do Caso 1

Através da análise do gráfico, apresentado na figura 36, é possível verificar que o valor relativo à Credibilidade e Reputação, fornecido pelo modelo proposto, aumenta à medida que a simulação avança. Este resultado era o esperado pois os Agentes Vendedores cumprem com o acordado com os Agentes Compradores, logo a avaliação fornecida é positiva. Esta avaliação deriva, tal como foi referido na secção 5.3, da satisfação com as condições do negócio actual, da média da avaliação pública, da credibilidade dos vizinhos do Agente Comprador, a credibilidade das testemunhas abonatórias do Agente Vendedor

envolvido no negócio e o valor da credibilidade que o próprio agente possuía de interacções anteriores.

É ainda possível verificar que o Agente Vendedor 1 apresenta valores inferiores aos restantes Agentes Vendedores. Esta situação deriva do facto do *preço unitário*, praticado por este, ser ligeiramente superior ao praticado pelos outros agentes. A característica *preço unitário* afectou a credibilidade e reputação atribuída a este agente, devido à sua influência no valor da componente *Condições de Negócio Actuais*.

Na tabela 7 é possível verificar o evoluir da avaliação pública dos agentes vendedores presentes no sistema.

Tabela 7 – Avaliação pública do Caso 1

Período	AgV0	AgV1	AgV2	AgV3	AgV4
0	-1	-1	-1	-1	-1
1	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1
3	2	2	2	2	2
4	3	3	3	3	3
5	4	4	4	4	4
6	5	5	5	5	5
7	6	6	6	6	6
8	7	7	7	7	7
9	8	8	8	8	8
10	9	9	9	9	9

Analisando a tabela 7, podemos verificar que, tal como o valor relativo à credibilidade e reputação atribuída aos agentes, o valor da avaliação pública também sobe em proporção. Como as condições do negócio são cumpridas por parte dos Agentes Vendedores, os Agentes Compradores atribuem a melhor classificação possível (1).

Caso 2 – Todos os Agentes Vendedores Falsos

Este caso serve essencialmente para situações de teste do modelo, pois um mercado de comércio electrónico só com agentes falsos, não teria muita longevidade ou sucesso.

Tabela 8 – Configuração dos Agentes Vendedores Caso 2

Características	AgV0	AgV1	AgV2	AgV3	AgV4
Quantidade	100	100	100	100	100
Qualidade	B	A	C	C	A
Preço Unitário	6	9	7	6	10
Preço Mínimo	4	6	5	4	7
Tipo	Falso	Falso	Falso	Falso	Falso
Produção	70	70	70	70	70

Neste segundo caso de estudo, foi alterada a característica *tipo* para *Falso* em todos os agentes. Foram-lhes também atribuídas características diferentes como forma a comprovar que sendo todos eles falsos a diferença nas características não lhes impede a descida na reputação.

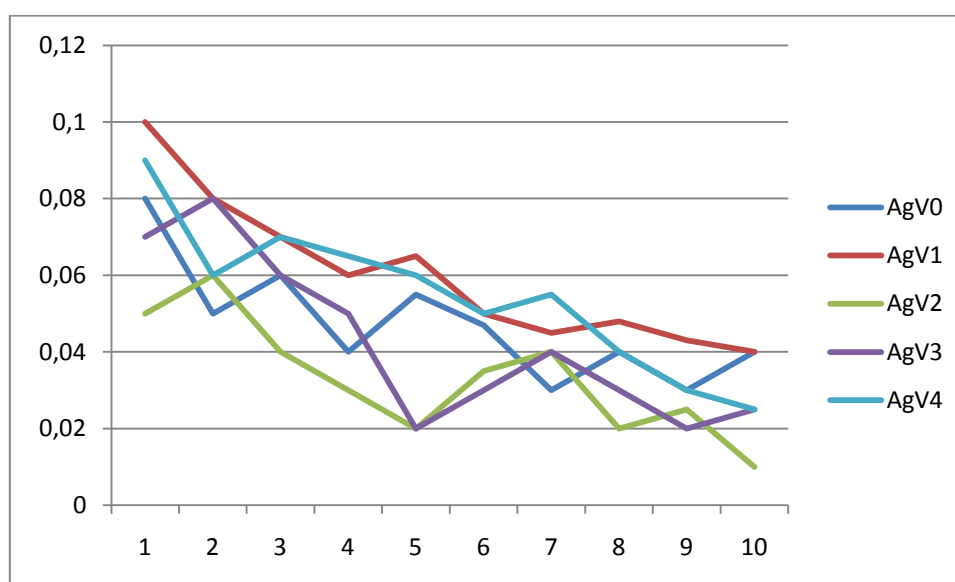


Figura 37 – Gráfico da Credibilidade e Reputação do Caso 2

Da análise do gráfico apresentado na figura 37 é possível depreender que, tal como seria de esperar, a credibilidade de cada um dos Agentes Vendedores *Falsos* diminui.

Esta simulação pode dar origem a uma maior variação de período para período. Situação que se deve à importância que ganha a componente, do modelo proposto, *Condições de Negócio Actuais*. Tendo em conta que todos os Agentes Vendedores presentes no sistema são falsos, as outras componentes possuem um valor muito perto do 0. Logo, têm pouca relevância no cálculo realizado para a obtenção do valor da credibilidade respectiva de um determinado agente. Este facto pode ser verificado pela maior variação apresentada pelos

valores de credibilidade e reputação, evidenciados pela figura 37, em comparação com a variação verificada no caso de estudo apresentado anteriormente.

Em seguida, na tabela 9, são apresentados os valores da avaliação pública dos Agentes Vendedores.

Tabela 9 – Avaliação pública do Caso 2

Período	AgV0	AgV1	AgV2	AgV3	AgV4
0	-1	-1	-1	-1	-1
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0

A avaliação pública, apresentada na tabela 9, vem validar o que foi dito anteriormente, ou seja, todos os agentes são falsos, assim sendo, a sua avaliação pública vai ser sempre 0 ao longo de toda a simulação. Desta forma não é muito pertinente para a obtenção da credibilidade de um determinado agente. O facto da avaliação dos Agentes Vendedores falsos manter-se no número 0, advém de uma das regras definidas na secção 5.3, ou seja, que a avaliação pública de um agente presente no sistema não pode ser inferir à avaliação pública de um novo agente que entre no sistema.

No entanto, estes valores de avaliação pública presentes no sistema, podem aconselhar agentes que desejem negociar no mercado electrónico a adaptar a sua estratégia de negociação à realidade transparecida pela avaliação pública presente na entidade externa ou a não negociarem neste mercado electrónico.

Caso 3 – Agentes Vendedores Verdadeiros e Falsos

Este caso de estudo combina Agentes Vendedores do *tipo Verdadeiro* e do *tipo Falso* e serve para demonstrar o desempenho do modelo proposto quando confrontado com uma das situações mais comuns dos mercados de comércio electrónico actual, a mistura dos dois *tipos* de agentes.

Tabela 10 – Configuração dos Agentes Vendedores Caso 3

Características	AgV0	AgV1	AgV2	AgV3	AgV4
Quantidade	100	100	100	100	100
Qualidade	A	A	A	A	A
Preço Unitário	5	5	5	5	5
Preço Mínimo	3	3	3	2	3
Tipo	Falso	Falso	Verdadeiro	Verdadeiro	Verdadeiro
Produção	70	70	70	70	70

Como pode ser verificado na tabela anterior, neste caso o AgV3 é o único que apresenta o valor da característica *Preço Mínimo* inferior aos outros agentes, mantendo-se o resto das características iguais, de forma a ser possível comparar a influência que esta característica tem para o modelo.

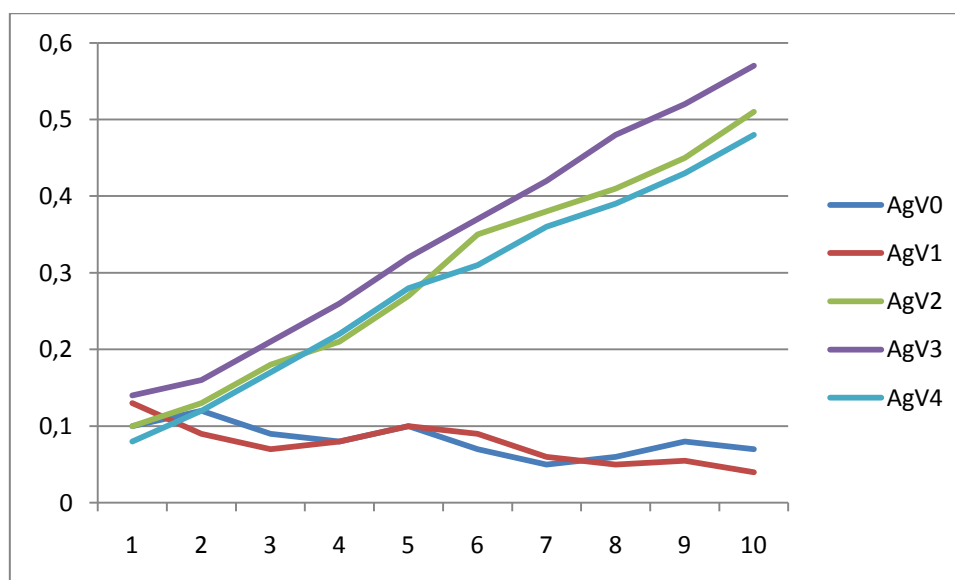


Figura 38 – Gráfico da Credibilidade e Reputação do Caso 3

Analisando o gráfico apresentado na figura 38 é possível verificar que, efectivamente, o valor correspondente à credibilidade dos Agentes Vendedores do *tipo Falso* diminui ao longo

do tempo e o mesmo valor mas relativo aos Agentes Vendedores do *tipo Verdadeiro*, aumenta ao longo do tempo.

Da análise do gráfico apresentado também podem ser depreendidos os seguintes factos:

- A credibilidade dos agentes não desce circunstancialmente: este facto deriva da característica ponderada que o modelo proposto possuiu, ou seja, o modelo proposto tem sempre por base interações passadas;
- A credibilidade tem altos e baixos, ao longo da simulação: este facto advém do modelo proposto ponderar vários factores. Da mesma forma que existem valores que são tendencialmente negativos para Agentes Vendedores falsos (por exemplo: média da avaliação pública, credibilidade de interação directa), também existem outros que acabam por permitir existir alguma subida (por exemplo: as condições de negócio actuais, credibilidade das testemunhas), mesmo tendo existido um não cumprimento do acordo realizado;
- A credibilidade dos Agentes nunca chega ao valor 0: facto que deriva, novamente, da ponderação, pois o valor associado à credibilidade de um determinado agente evolui em proporção ao valor actual da credibilidade do agente. Também advém do facto das avaliações mais recentes terem mais peso do que as mais antigas, ou seja, para um agente verdadeiro que se torne falso o valor relativo à credibilidade tem uma descida maior, do que, um agente falso que continue a ser falso;
- A credibilidade do Agente Vendedor 3: o valor relativo à credibilidade associada ao agente está sempre superior à dos demais. Esta situação está relacionada com o facto do valor definido para a característica *Preço Mínimo* ser inferior à definida para os outros agentes. Este valor ajuda a que este agente tenha um valor superior no componente *Condições de Negócio Actuais*, pois permite que os Agentes Compradores consigam obter um melhor negócio com este agente.

Na tabela 11 é possível analisar as avaliações públicas que vão sendo feitas ao longo da simulação realizada. As avaliações públicas estão em consonância com o gráfico apresentado na figura 38, ou seja, os Agentes Vendedores verdadeiros sobem a sua avaliação pública enquanto os Agentes Vendedores falsos mantêm a sua avaliação pública a 0.

Tabela 11 – Avaliação pública do Caso 3

Período	AgV0	AgV1	AgV2	AgV3	AgV4
0	-1	-1	-1	-1	-1
1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1
3	0	0	2	2	2
4	0	0	3	3	3
5	0	0	4	4	4
6	0	0	5	5	5
7	0	0	6	6	6
8	0	0	7	7	7
9	0	0	8	8	8
10	0	0	9	9	9

Caso 4 – Agentes Vendedores Verdadeiros e Falsos

Este caso de estudo é em tudo similar com o anterior. Mas neste caso, existem mais agentes do *tipo Falso* do que do *tipo Verdadeiro* e tem por objectivo demonstrar a influência que a *qualidade* tem no valor, atribuído pelo modelo proposto, da credibilidade de um determinado Agente Vendedor.

Tabela 12 – Configuração dos Agentes Vendedores Caso 4

Características	AgV0	AgV1	AgV2	AgV3	AgV4
Quantidade	100	100	100	100	100
Qualidade	A	B	C	A	C
Preço Unitário	5	5	5	5	5
Preço Mínimo	3	3	3	3	3
Tipo	Falso	Falso	Falso	Verdadeiro	Verdadeiro
Produção	70	70	70	70	70

Neste caso de estudo o AgV2 e AgV4 têm valores da característica *Qualidade* mais baixos do que os outros agentes presentes na simulação. Esta decisão tem como objectivo evidenciar como a credibilidade é afectada por este factor, quer em agentes do *Tipo Verdadeiro* como do *Tipo Falso*.

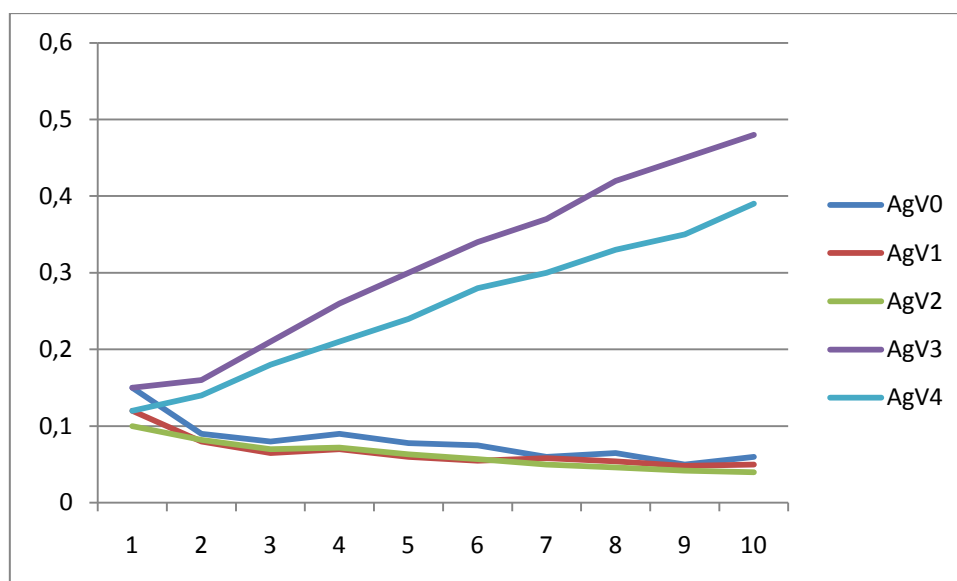


Figura 39 – Gráfico da Credibilidade e Reputação do Caso 4

O gráfico apresentado na figura 39 permite evidenciar que, tal como nos casos anteriores, o modelo proposto classificou correctamente os agentes do *tipo Falso* e do *tipo Verdadeiro*, ou seja, o valor da credibilidade dos agentes AgV3 e AgV4 aumenta e, o mesmo valor, para os agentes AgV0, AgV1 e AgV2 diminui.

É possível também verificar que o AgV3 mantém um valor maior de credibilidade comparativamente ao valor atribuído ao AgV4 durante a simulação realizada. Este facto advém da qualidade fornecida por este agente ser inferior à desejada pelos Agentes Compradores, logo um Agente Comprador não satisfaz totalmente os seus desejos, o que acaba por influenciar negativamente o valor atribuído pelo modelo proposto, quando comparado com o atribuído ao AgV3.

Quanto aos Agentes Vendedores do *tipo Falso* é possível verificar que os valores de credibilidade são muito similares mas, analisando com mais algum pormenor, é possível verificar que os valores de credibilidade atribuídos aos AgV0 são relativamente superiores aos atribuídos aos AgV1 e AgV3. Este facto está directamente relacionado com a característica *Qualidade* que cada Agente Vendedor possui.

Tabela 13 – Avaliação pública do Caso 4

Período	AgV0	AgV1	AgV2	AgV3	AgV4
0	-1	-1	-1	-1	-1
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1
3	0	0	0	2	2
4	0	0	0	3	3
5	0	0	0	4	4
6	0	0	0	5	5
7	0	0	0	6	6
8	0	0	0	7	7
9	0	0	0	8	8
10	0	0	0	9	9

Tal como no caso estudo anterior as avaliações públicas apresentadas na tabela 13 estão directamente relacionadas com o gráfico analisado anteriormente na figura 39, isto é, a avaliação dos Agentes Vendedores do *tipo Falso*, logo a seguir ao período 0, possuem uma avaliação constante de valor 0 enquanto os agentes do *tipo Verdadeiro* sobem a sua avaliação com o evoluir dos períodos.

Caso 5 – Agentes Vendedores Verdadeiros e Falsos

Este caso de estudo enquadra-se no seguimento dos casos de estudo anteriores. Este caso mistura novamente Agentes Vendedores com a *característica tipo Falso* com Agentes Vendedores do *tipo Verdadeiro* e tem como objectivo demonstrar a influência da *característica Produção* no valor da credibilidade atribuído pelo modelo proposto.

Tabela 14 – Configuração dos Agentes Vendedores Caso 5

Características	AgV0	AgV1	AgV2	AgV3	AgV4
Quantidade	100	100	100	100	100
Qualidade	A	A	A	A	A
Preço Unitário	5	5	5	5	5
Preço Mínimo	3	3	3	3	3
Tipo	Falso	Falso	Verdadeiro	Verdadeiro	Verdadeiro
Produção	40	70	70	40	70

Este caso de estudo tem a particularidade de o AgV0 e AgV3 terem valores da característica *Produção* mais baixos do que os outros agentes presentes na simulação. Desta forma tenta-se analisar a influência que esta característica pode ter no valor da credibilidade dos agentes.

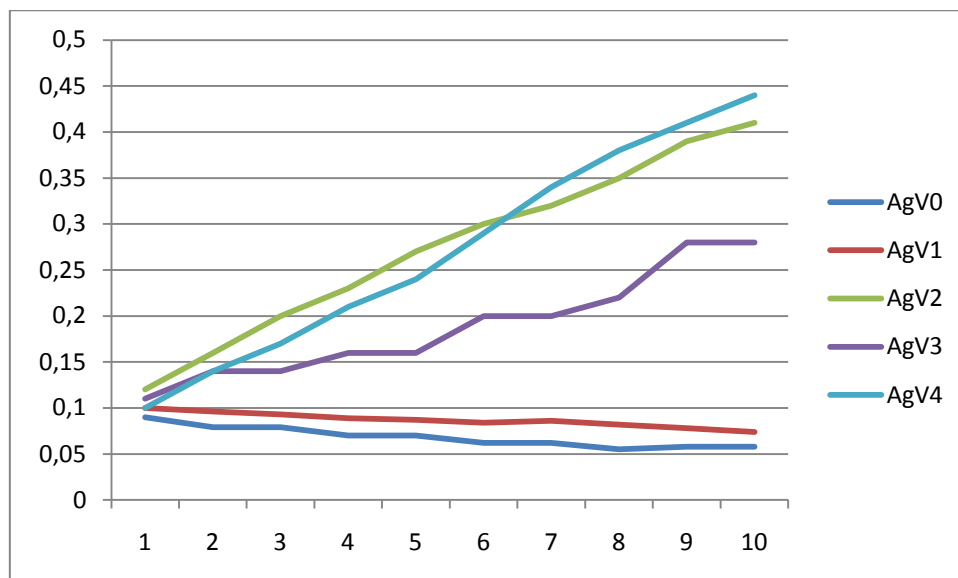


Figura 40 – Gráfico da Credibilidade e Reputação do Caso 5

Se analisarmos o gráfico apresentado na figura 40 é possível verificar que o AgV3, que tem um nível de produção inferior aos outros agentes do *tipo Verdadeiro*, mantém o valor da sua credibilidade sempre que não consegue negociar num determinado período, como é caso dos períodos 3, 5, 7 e 10. Um dos parâmetros definidos no *Fuzzy* utilizado por parte dos Agentes Vendedores para a concepção de propostas a efectuar aos Agentes Compradores, definido na secção 6.5, é a *Quantidade Ponderada*. A existência deste parâmetro impede este agente de oferecer descontos de maior valor aos Agentes Compradores com quem negocia, logo a componente *Condições de Negócio Actuais*, do modelo proposto, vai ser inferior à dos outros agentes.

A mesma situação é verificada na evolução do valor da credibilidade do AgV0, mas no sentido descendente.

Tabela 15 – Avaliação pública do Caso 5

Período	AgV0	AgV1	AgV2	AgV3	AgV4
0	-1	-1	-1	-1	-1
1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1
3	0	0	2	1	2
4	0	0	3	2	3
5	0	0	4	2	4
6	0	0	5	3	5
7	0	0	6	3	6
8	0	0	7	4	7
9	0	0	8	5	8
10	0	0	9	5	9

Na tabela 15 é possível analisar as avaliações públicas que vão sendo feitas ao longo da simulação realizada. É possível verificar que a avaliação do AgV3 nos períodos em que não negociou no mercado (períodos 3, 5, 7 e 10) manteve a sua avaliação anterior.

6.7. Conclusões

No início deste capítulo foi apresentado o sistema desenvolvido, quer na sua vertente mais técnica como também a arquitectura que a mesma implementa.

A ferramenta de simulação desenvolvida teve como principal objectivo permitir simular um mercado de comércio electrónico, baseado num sistema multi-agente, com todas as suas especificidades e de uma forma suficientemente flexível, de forma a permitir a sua aplicação a outros cenários, que não o apresentado neste documento.

A plataforma de comunicação usada para a implementação foi a plataforma OAA. Neste sistema foram definidos 5 tipos de agentes: Agente Mercado, Agente Controlador, Agente Relógio, Agente Vendedor e Agente Comprador.

Em seguida foram apresentadas algumas funcionalidades disponibilizadas pelo simulador desenvolvido, assim como algumas imagens ilustrativas da interface da aplicação.

Por fim, foram apresentados 5 casos de estudo que tiveram como objectivo permitir a análise dos resultados baseados no modelo para a credibilidade e reputação dos Agentes

Vendedores. Com estes casos de estudo foi provada a influência que as diferentes características dos Agentes Vendedores exercem no modelo proposto.

No que diz respeito aos resultados económicos, tendo em conta as características definidas, provaram ser satisfatórios para ambas as partes. Estes resultados podem ser analisados e optimizados no âmbito de um trabalho futuro.

7. Conclusões

7.1. Resumo

O objectivo principal do trabalho desenvolvido foi a aplicação dos conceitos de Credibilidade e Reputação ao Comércio Electrónico. Este objectivo foi proposto de forma a ser possível providenciar esses mesmos sistemas com mais mecanismos que se provem úteis numa maior credibilização dos negócios efectuados e assim também credibilizando os sistemas nos quais se encontram inseridos.

Neste sentido foi realizado um levantamento do estado da arte dos temas envolvidos neste trabalho, nomeadamente: Agentes, Comércio Electrónico e os conceitos de Credibilidade e Reputação, juntamente com a sua possível aplicação aos Agentes.

Ao longo dos tempos o conceito e definição de Agente, têm vindo a evoluir de forma a ser possível a sua adaptação às crescentes exigências e desafios que lhes são colocados desde a sua criação. A sua aplicação começou por provar a sua utilidade no *mundo* da Robótica onde provou ser eficaz no controlo de máquinas independentes e na simulação de “raciocínio”. Com o investimento disponibilizado quer monetário quer de investigação conclui-se que os Agentes têm especial aplicabilidade em ambientes distribuídos e na realização de tarefas que possam ser decompostas em subtarefas.

Com o evoluir das suas capacidades foram descobertas novas aplicações, bem sucedidas, dos Agentes. Algumas destas aplicações incluem, entre outras, a área da mobilidade, sistemas de produção, controlo de tráfego e o comércio electrónico.

Por sua vez o Comércio Electrónico começou por não ser mais do que um conjunto de catálogos que eram disponibilizados para os possíveis compradores consultarem através da Internet. Esta primeira utilização da Internet para a divulgação de produtos e serviços, disponibilizados pelas mais variadas entidades, permita aos clientes uma escolha do produto desejado e a sua encomenda, desta forma era possível evitar uma deslocação por parte do comprador até ao local de venda.

A conjugação de uma popularização do uso e acesso à Internet com avanços significativos, ao longo dos anos, das Tecnologias de Informação permitiu uma evolução circunstancial na utilização, divulgação e sofisticação do comércio electrónico. Actualmente quase todo o

comércio tradicional é passível de ser representado através de um mercado de Comércio Electrónico, com a vantagem da não existência de limitações temporais e espaciais.

A utilização dos Agentes, conjuntamente com Sistemas Multi-Agente, como resposta a estas novas e crescentes necessidades provou ser adequada e útil. Esta utilização implica o desenvolvimento de modelos que se adaptem aos perfis, dos mais diversos, compradores e vendedores.

Além do desenvolvimento e investigação na área de aplicação dos Agentes aos mercados de Comércio Electrónico, a falta de Credibilidade por parte dos potenciais utilizadores impede uma ainda maior expansão deste tipo de sistemas.

Tendo como pano de fundo a limitação referida e o estado da arte realizado nas áreas dos Agentes e do Comércio Electrónico, foi também feito o levantamento do estado da arte do tema mais relevante para a realização deste trabalho, ou seja, o conceito de Credibilidade e Reputação e a sua aplicação ao Agentes.

A evolução no desenvolvimento dos Agentes na sua aplicação aos mercados de Comércio Electrónico passou pela transposição das características próprias do comércio tradicional para este mesmo comércio. O conceito de Credibilidade e Reputação é mais uma destas características que permite dotar estes mercados de uma maior consistência, eficiência e credibilidade aos olhos dos utilizadores deste tipo de mercados.

Este conceito de Credibilidade pode advir da interacção directa entre os dois intervenientes num determinado negócio, das opiniões de outras entidades que tenham negociado com um dos intervenientes, de uma entidade externa e idónea de avaliação do sistema e dos seus intervenientes ou então através da caracterização das motivações do outro interveniente no negócio.

Enquanto a Credibilidade pode ser caracterizada como a expectativa de que a outra parte de um negócio vai cumprir o acordo realizado, a Reputação representa as opiniões relativamente a alguém ou algo. Por esta afirmação é possível verificar que os dois conceitos estão relacionados e que se complementam.

Tendo em conta a análise realizada foi proposto um modelo de Credibilidade e Reputação que possa ser aplicado ao contexto dos mercados de Comércio Electrónico de uma forma eficiente e que visa providenciar aos intervenientes no mercado mais um parâmetro de avaliação que permita evitar negócios fraudulentos. Este modelo usa *Fuzzy Logic* para o tratamento dos dados necessários para a execução do modelo e obtenção de um valor para a Credibilidade e Reputação do Agente avaliado.

Após a formalização da proposta do modelo referido foi implementado um simulador que permitisse analisar o desempenho deste mesmo modelo. Este simulador é baseado num sistema Multi-Agente, composto por Agentes autónomos e heterogéneos com os seus próprios objectivos e características.

O simulador inclui cinco tipos de Agentes: o Agente Mercado, o Agente Controlador, o Agente Relógio, o Agente Comprador e o Agente Vendedor. Foi desenvolvido utilizando a plataforma OAA, a linguagem JAVA e JFuzzy.

Foram, ainda, apresentados alguns exemplos de funcionamento do referido simulador, com vista à validação do modelo proposto, nomeadamente foi analisada a influência que as diferentes características têm sobre o modelo proposto e sobre a Credibilidade e Reputação de um determinado Agente.

7.2. Objectivos Alcançados

Inicialmente foi realizada uma revisão do estado da arte dos Agentes, das suas potenciais capacidades e aplicações. Relativamente às possíveis aplicações, foi dada principal atenção às funcionalidades que podem ter e às diferentes áreas de aplicação.

Também foi realizada uma revisão do estado da arte do Comércio Electrónico. Este tema foi analisado com especial pormenor, pois para a realização deste trabalho é necessário possuir um conhecimento sólido nesta área. Inicialmente foi definido o conceito de Comércio Electrónico, seguido pela análise do ciclo de vida de um negócio e a definição do conceito de negociação, assim como dos principais mecanismos de negociação existentes.

Em seguida, foi realizada uma revisão do estado da arte dos conceitos de Credibilidade e Reputação. Esta revisão do estado da arte serve de antecâmara para o principal objectivo deste trabalho, ou seja, a definição de um modelo de avaliação de Credibilidade e Reputação. Relativamente a este tema foram analisados os conceitos de Credibilidade e Reputação e vários sistemas que implementam uma avaliação baseada nestes conceitos.

O principal objectivo deste trabalho, prendeu-se com a definição e proposta de um modelo de avaliação de Credibilidade e Reputação aplicável aos Agentes num mercado de Comércio Electrónico, foi também alcançado. Definiu-se a Arquitectura do sistema, ou seja, os diferentes Agentes presentes no mesmo, as respectivas funções e a forma como interagem.

Por último, foi desenvolvido um simulador que permite representar um mercado de Comércio Electrónico e, desta forma, valida a aplicabilidade e resultados do modelo proposto.

7.3. Limitações e Trabalho Futuro

Tanto a área do Comércio Electrónico como a da Credibilidade e Reputação possuem grande margem de progressão, logo o trabalho desenvolvido também possui um elevado grau de potencial progressão. Tendo em vista uma melhoria e adaptação constante a novos desafios, são vários os desenvolvimentos que se pretendem efectuar no futuro. Grande parte destes desenvolvimentos surge da necessidade de suprir as limitações do trabalho realizado e de perspectivar a extensão do mesmo a outros domínios.

Um dos melhoramentos mais importantes prende-se com a aplicação do modelo proposto a um caso real. Tanto o simulador desenvolvido como o modelo de avaliação de Credibilidade e Reputação proposto foi apenas testado com exemplos simples e com configurações pré-determinadas, de forma a ser possível provar a eficiência do modelo proposto. Antes desta aplicação a um caso real também é necessário realizar uma bateria de testes exaustivos com as mais diversas configurações e cenários. Nestes testes deveria ser contemplada:

- A entrada e saída de agentes durante o processo de simulação;
- A mudança do *tipo* dos agentes durante o processo de simulação;
- A aplicação da avaliação do conceito de Credibilidade e Reputação deverá também ser aplicada pelos Agentes Vendedores aos Agentes Compradores.

Também será necessário melhorar a Ontologia associada ao modelo para que a mesma seja passível de ser adaptada a qualquer tipo de produto e configurações dos diferentes Agentes. Uma tentativa de implementação desta sugestão de trabalho futuro foi realizada através da integração do *MAFRA Toolkit* desenvolvido por Nuno Silva [Silva e Rocha, 2005] [Silva, 2004] [Silva e Rocha, 2003]. Para que fosse possível a utilização do *MAFRA*, no simulador desenvolvido, foi adicionado um sexto tipo de Agente ao modelo. Este novo agente tem o nome de Agente Tradutor e tem como funcionalidades receber a ontologia própria de cada agente que se registre no sistema e, tal como o nome indica, traduzir todas as comunicações realizadas utilizando a ontologia própria a cada agente, para o efeito. No seguimento deste desenvolvimento foi realizado um teste simples em que o Agente Tradutor tinha a capacidade de traduzir da linguagem Portuguesa (que era utilizada pelos Agentes Compradores) para Inglesa (linguagem utilizada pelos Agentes Vendedores) e vice-versa.

Este teste foi realizado com sucesso, contudo não houve tempo para um maior aprofundamento, pelo que o Agente Tradutor não foi incluído no modelo. No entanto, a utilização do *MAFRA* apresenta grande potencial de aplicação a este contexto.

Outro aspecto interessante para desenvolvimento futuro é a utilização do teorema de *Bayes* na implementação do modelo de avaliação de Credibilidade e Reputação proposto. A utilização deste teorema no contexto do Comércio Electrónico tem sido estudada e têm sido conseguidos exemplos de sucesso [Huang et. al, 2009] [Prikkh e Sundaresan, 2008] [Leloup e Deveaux, 2000].

Uma outra possibilidade é a utilização do modelo *Fuzzy Bayes* no modelo de avaliação de Credibilidade e Reputação proposto. Como maiores vantagens da conjugação destes dois métodos temos a rapidez de aprendizagem que o modelo permite, a obtenção de resultados com alguns exemplos de treino, entre outros [Yuying et. al, 2007] [Moraes e Machado, 2006] [Wu, 2006] [Störr, 2002].

Seria uma evolução muito interessante o desenvolvimento do modelo de avaliação de Credibilidade e Reputação como um *add-on*. Este desenvolvimento possibilitava a sua utilização por simuladores já desenvolvidos e uma melhor adaptação a mercados reais existentes. No desenvolvimento deste *add-on* podia ser usada uma linguagem de especificação, como por exemplo o *Java Modeling Language* (JML)⁶ [Jacobs and Poll, 2001], para permitir especificar um conjunto de pré e pós condições para o bom funcionamento e integração do mesmo.

Por fim, a um nível mais técnico, seria interessante promover a internacionalização do simulador desenvolvido, ou seja, traduzindo o mesmo para outras linguagens. Todo o sistema foi desenvolvido na língua Inglesa para promover uma mais fácil compreensão e facilitar esta mesma internacionalização.

7.4. Considerações Finais

Nesta secção relativa às considerações finais, gostaria de referir o quão gratificante foi a realização deste trabalho, por todo o conhecimento adquirido e pela descoberta de novas áreas de conhecimento. Para este facto contribuiu o levantamento do Estado da Arte realizado e a criação do modelo proposto, conjuntamente com o desenvolvimento do simulador.

⁶ <http://www.eecs.ucf.edu/~leavens/JML/>

Gostaria de terminar esta dissertação com a afirmação da vontade do autor deste documento da continuação da investigação nesta área e, se possível, no desenvolvimento e aplicação das sugestões de trabalho futuro ao modelo proposto e ao simulador desenvolvido. Pois além de ser uma área que se revelou interessante a um nível científico também é uma área com uma capacidade de expansão e progressão relevantes.

Referências

- [Anthony & Jennings, 2003] Anthony, Patricia & Jennings, Nicholas R. (2003). "A Heuristic Bidding Strategy for Multiple Heterogeneous Auctions".
- [Axelrod, 1984] Axelrod, R. (1984) The Evolution of Cooperation. Basic Books, New York, USA
- [Bacharach & Gambetta, 2001] Bacharach, M. & Gambetta, D. (2001) Trust in Society, Chapt. Trust in signs. Russell Sage Foundation
- [Bakos, 1998a] Bakos, Y. (1998) "Towards Friction-Free Markets: The Emerging Role of Electronic Marketplaces on the Internet". Communications of the ACM, 41(8), pp. 35-42.
- [Bakos, 1998b] Bakos, Y. (1998) "The emerging role of electronic marketplaces on the Internet", Communications of the ACM, pp. 35-42
- [Binmore, 2004] Binmore, K. Reciprocity and the Social Contract (2004) Politics, Philosophy & Economics, 3 (1), pp. 5-35.
- [Boudiaf et al., 2004] N. Boudiaf, F. Mokhati, M. Badri, and L. Badri. Specifying DIMA multi-agent models using Maude. In Intelligent Agents and Multi-Agent Systems, 7th Pacific Rim International Workshop on Multi-Agents (PRIMA 2004), volume 3371 of LNCS, pages 29-42. Springer, Berlin, 2005
- [Brainov & Sandholm, 1999] Brainov, S. & Sandholm, T. (1999) Contracting with uncertain level of trust. In Proceedings of the first ACM conference on Electronic commerce, pages 15– 21. ACM Press, 1999. ISBN 1-58113-176-3.
- [Brenner et al., 1998] Brenner, W., Zarnekow, R. & Wittig, H. (1998). Intelligent Software Agents: Foundation and Applications. Berlin: Springer.
- [Byde, 2003] Byde, A. (2003). "Applying Evolutionary Game Theory to Auction Mechanism Design". In Proceedings of the 4th ACM Conference on Electronic Commerce (San Diego, CA, USA, June 09 - 12, 2003). EC '03. ACM, New York, NY, 192-193.
- [Carley, 1991] Carley, K. (1991) A theory of group stability. American Sociological Review, 56:331–354
- [Chesnais et al., 1995] Chesnais, P., Mucklo, M. & Sheena, J. (1995) "The Fishwrap personalized news system". Proceedings of the Second International Workshop on

Community Networking, 1995. 'Integrated Multimedia Services to the Home', pp. 275-282, Princeton, NJ, USA

[Coelho, 1994] H. Coelho; Inteligência Artificial em 25 lições; Fundação Calouste Gulbenkian, 1994.

[D'Inverno & Luck, 2001] D'Inverno, M. & Luck, M. (2001) Understanding Agent Systems. New York: Springer Verlag

[Dasgupta, 1998] Dasgupta, P. (1998) Trust as a commodity. In D. Gambetta, editor, Trust: Making and Breaking Cooperative Relations, pages 49–72. Blackwell

[Dasgupta, 2000] Dasgupta, P. (2000) 'Trust as a Commodity', in Gambetta, Diego (ed.) Trust: Making and Breaking Cooperative Relations, electronic edition, Department of Sociology, University of Oxford, chapter 4, pp. 49-72

[Dasgupta, et al., 1998] Dasgupta, P., Narasimhan, N., Moser, L. E., Melliar-Smith, P. M. (1998). "A Supplier Driven Electronic Marketplace Using Mobile Agents". Proceedings of the First International Conference on Telecommunications and E-Commerce.

[Dekleva, 2000] Dekleva, S. (2000) Electronic Commerce: A Half-Empty Glass?. Communications of the Association for Information Systems (AIS), Volume 3, Article 18, Pages: 1-99.

[Dellarocas, 2003] Dellarocas, C. (2003) The digitalization of Word-Of-Mouth: Promise and Challenges of Online Reputation Mechanisms. Management Science

[DeLoach et al., 2002] DeLoach, S., Matson, E. & Li, Y. (2002) "Applying Agent Oriented Software Engineering to Cooperative Robotics", Proceedings of the Fifteenth International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, pp. 391-396

[Esfandiari & Chandrasekharan, 2001] Esfandiari, B. & Chandrasekharan, S. (2001) On How Agents Make friends: Mechanisms for Trust Acquisition. In: Proceedings of the Fourth Workshop on Deception, Fraud and Trust in Agent Societies, Montreal, Canada. Pp. 27-34

- [Falcone & Castelfranchi, 2001a] Falcone, R. & Castelfranchi, C. (2001) The Human in the Loop of a Delegated Agent: The Theory of Adjustable Social Autonomy. In IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Humans. Special Issue on Socially Intelligent Agents - the Human in the Loop, Vol. 31, N° 5, September 2001, pp. 406-418.
- [Falcone & Castelfranchi, 2001b] Falcone, R. & Castelfranchi, C. (2001) The socio-cognitive dynamics of trust: does trust create trust? Lecture Notes in Artificial Intelligence, 2246, pp. 55-72.
- [Fatima et al., 2004] Fatima S.S., Wooldridge M., Jennings N.R. An agenda-based framework for multi-issue negotiation (2004) Artificial Intelligence, 152 (1), pp. 1-45.
- [Faratin et al., 1998] Faratin, P., Sierra, C., & Jennings, N. (1998). Negotiation Decision Functions for Autonomous Agents. International Journal of Robotic and Autonomous Systems, 24(3-4), pp 159-182.
- [Ferber, 1991] FERBER, J. e Gasser, L. Intelligence artificielle distribuée. In: XI International Workshop on Expert Systems & their Applications, Avignon, France, 1991, Cours n. 9.
- [Ferber, 1999] Ferber, Jacques, Multi-Agent System: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence. Addison Wesley Longman, Harlow, ISBN:0-201-36048-9
- [Fleischhauer, 1996] Fleischhauer, L. I. A. O uso da tecnologia de agentes na Programação da Produção. Florianópolis. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.
- [Fullam et al, 2005] Fullam, K., Klos, T., Muller, G., Sabater-Mir, J., Schlosser, A., Topol, Z., Barber, S., Rosenschein, J., Vercouter, L. & Voss, M. (2005) A Specification of the Agent Reputation and Trust (ART) Testbed: Experimentation and Competition for Trust in Agent Societies, Proceedings of AAMAS'05, 2005.
- [Gambetta, 1990] Gambetta, D.(1990) Trust: Making and Breaking Cooperative Relations, Chapt. Can We Trust? Basil Blackwell, Oxford, pp. 213-237
- [Garfinkel, 1994] Garfinkel, S. (1994) PGP: Pretty Good Privacy, O'Reilly and Associates, 1994.
- [Gefen, 2002] Gefen, D. (2002) Reflections on the dimensions of trust and trustworthiness among online consumers. ACM SIGMIS Database, August 2002, Volume 33 Issue 3, Pages: 38–53.

- [Genesereth e Fikes, 1992] – Genesereth, M. e Fikes, R. (1992). Knowledge Interchange Format – Version 3 – Reference Manual, Stanford University, Logic Group, Logic-92-1, Stanford, CA
- [Georgiou & Stefaneas, 2002] Georgiou, C. & Stefaneas, P. (2002) Strategies for Accelerating the Worldwide Adoption of Ecommerce. Communications of the ACM, Volume 45, Issue 4, Pages: 145-151.
- [Girle, 1992] Girle, R. (1992) “Eliza and the Automata”, Proceedings of the Third Annual Conference of AI, Simulation and Planning in High Autonomy Systems, 1992. Integrating Perception, Planning and Action, pp. 287-293
- [Gómez et al., 2008] Gómez, M., Carbó, J. & Earle, C. (2008) A cognitive trust and reputation model for the ART testbed. Inteligencia Artificial, Revista Iberoamerica de Inteligencia Artificial (in press)
- [Gorodetsky et al., 2008] Gorodetsky, V., Karsaev, O., Samoylov, V. & Skormin, V., 2008. Multi-Agent Technology for Air Traffic Control and Incident Management in Airport Airspace. In Proceedings of AAMAS International Workshop Agents in Traffic and Transportation. Lisboa, Portugal, 2008.
- [Grandison & Sloman, 2000] Grandison, T. & Sloman, M. (2000) A survey of trust in internet applications. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 4(4):2–16, 2000.
- [Gray, 1995] Gray, (1995) Agent Tcl: Alpha release 1.1, Computer Science Department, Dartmouth College, USA.
- [Griss & Letsinger, 2000] Griss, M. L. & Letsinger, R. (2000) "Games at Work—Agent-Mediated E-Commerce Simulation," Proc. 4th Int'l Conf. Autonomous Agents 2000, ACM Press, New York, June 2000
- [Gutowska & Buckley, 2008a] Gutowska, A. & Buckley, K. (2008) "Computing Reputation Metric in Multi-Agent E-Commerce Reputation System," Distributed Computing Systems Workshops, 2008. ICDCS '08. 28th International Conference on , vol., no., pp.255-260, 17-20 June 2008
- [Gutowska & Buckley, 2008b] Gutowska, A. & Buckley, K. (2008) "A Computational Distributed Reputation Model for B2C E-commerce," Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, 2008. WI-IAT '08. IEEE/WIC/ACM International Conference on , vol.3, no., pp.72-76, 9-12 Dec. 2008

- [Guttman et al., 1998] Guttman, R., Moukas, A., Maes, P. (1998). Agent-mediated Electronic Commerce – A Survey. Knowledge Engineering Review, vol13, n°3, jun.
- [Guttman & Maes, 1998a] Guttman, R. & Maes, P. (1998). Cooperative vs. Competitive Multi-Agent Negotiation in Retail Electronic Commerce. Second International Workshop on Cooperative Information Agents, France.
- [Guttman & Maes, 1998b] Guttman, R. & Maes, P. (1998). “Agent-mediated Integrative Negotiation for Retail Electronic Commerce”. Agent mediated Electronic Commerce, P. Noriega and C. Sierra eds, pp. 70-90.
- [Hage e Harary, 1983] Hage, P. & Harary, F. (1983) Structural Models in Anthropology. Cambridge University Press, 1983.
- [Herzberg et al., 2000] Herzberg, A., Mass, Y., Michaeli, J., Naor, D. & Ravid, Y. (2000) Access control meets public key infrastructure, or: Assigning roles to strangers. In IEEE Symposium on Security and Privacy, Oakland, pages 2–14. IEEE Computer Society (online publication), May 2000.
- [Huang et. al, 2009] Shen Huang, Dan Shen, Wei Feng, Yongzheng Zhang, and Catherine Baudin. Discovering clues for review quality from author's behaviors on e-commerce sites. In Proceedings of the 11th International Conference on Electronic Commerce (ICEC '09). ACM, New York, NY, USA, 133-141. (2009)
- [Hussin & Macaulay, 2003] Hussin, C. & Macaulay, L. (2003) 'A personal trust agent for eCommerce', Proc. 8th Collaborative Electronic Commerce Technology and Research Conference, Galway, Ireland, June 2003.
- [IBM Agent, 1995] D. Gilbert, et al., IBM. The Role of Intelligent Agents in the Information Infrastructure. 1995.
- [Isbister & Hayes-Roth, 1998] Isbister, K. & Hayes-Roth, B. (1998) “Social Implications of Using Synthetic Characters: An Examination of a Role-Specific Intelligent Agent”, Knowledge Systems Laboratory, report No. KSL
- [Jacobs and Poll, 2001] Jacobs, Bart and Poll, Erik (2001) Fundamental Approaches to Software Engineering. , 2029, 284-299
- [Jeon et al., 2000] Jeon, Heecheol, Petrie, Charles, Cutkosky, Mark R. (2002) JATLite: a Java agent infrastructure with message routing, Internet Computing, IEEE, Volume 4, pp. 87-96

- [Jennings, 1993] Jennings, N. (1993) Commitments and conventions: The foundation of coordination in multi-agent systems. *The Knowledge Engineering Review*, 8(3):223–250, 1993.
- [Jennings & Wooldridge, 1996] Jennings, N. & Wooldridge, M. (1996) "Software agents", *IEE Review*, Volume 42, pp. 17-20.
- [Jennings & Wooldridge, 1998] Jennings, N. & Wooldridge, M. (1998) "Applications of intelligent agents". In *Agent Technology: Foundations, Applications, and Markets*, N. R. Jennings and M. J. Wooldridge, Eds. Springer-Verlag New York, Secaucus, NJ, 3-28.
- [Jennings et al., 1998] Jennings, N., Parsons, S., Noriega, P. & Sierra, C. (1998). On Argumentation-Based Negotiation. In *Proceedings of the International Workshop on Multi-Agent Systems*, Boston, USA.
- [Kallepalli & Tian, 2001] Kallepalli, C. & Tian, J. (2001) "Usage measurement for statistical Web testing and reliability analysis". *Proceedings of the Seventh International Software Metrics Symposium*, 2001, pp. 148-158
- [Kersten et al., 2000] Kersten, Gregory E., Noronha, Sunil J., Teich, Jeffrey (2000). "Are All E-Commerce Negotiations Auctions?". *COOP'2000: Fourth International Conference on the Design of Cooperative Systems*.
- [Khare e Rifkin, 1997] Khare, R. & Rifkin A. (1997) Weaving a Web of Trust, summer 1997 issue of the *World Wide Web Journal* (Volume 2, Number 3, Pages 77-112).
- [Klein & Langenohl, 1994] Klein, S. & Langenohl, T. (1994). *Electronic Markets: An Introduction*. International Conference in Information and Communications Technologies in Tourism, Innsbruck, Austria.
- [Kraus et al., 1998] Kraus, S., Sycara, K. & Evenchik, A. (1998). Reaching agreements through argumentation: a logical model and implementation. *Artificial Intelligence Journal*, 1-2(104), pp 1-69.
- [Kuyer et al., 2008] Kuyer, L., Whiteson, S., Bakker, B. & Vlassis, N., 2008. Multiagent Reinforcement Learning for Urban Traffic Control using Coordination Graphs. In *ECML 2008: Proceedings of the Nineteenth European Conference on Machine Learning*, 2008.
- [Labrou e Finin, 1997] – Labrou, Y. e Finin, T. (1997). *Semantics and Conversations for an Agent Communication Language*. Readings in Agents, editado por Michael Huhns e Munindar Singh, Morgan Kaufmann Publishers, pp. 235-242

- [Larson e Sandholm, 2001] Larson, Kate, Sandholm, Tuomas (2001). "Bargaining with limited computation: Deliberation equilibrium". Elsevier, Artificial Intelligence 132 (2001) 183–217
- [Leloup e Deveaux, 2000] Leloup, B., L. Deveaux. Bayesian learning for e-commerce. Proceedings of the 3rd International Conference on Human System Learning (CAPS'3), pp. 91-105. (2000)
- [Lomuscio et al., 2003] Lomuscio, A., Wooldridge, M., Jennings, N. (2003). A classification scheme for negotiation in electronic commerce. Journal of Group Decision and Negotiation, pp. 31-56.
- [Madureira et al., 2007] Madureira, A., Santos, J. & Pereira, I., (2007). MASDSheGATS: A Prototype System for Dynamic Scheduling. In 6th WSEAS Int.Conf. on COMPUTATIONAL INTELLIGENCE, MAN-MACHINE SYSTEMS and CYBERNETICS (CIMMACS '07)., 2007.
- [Maes et al., 1999] Maes, Pattie, Guttman, Robert H. & Moukas, Alexandros G. (1999). "Agents that Buy and Sell".
- [Malone et al., 1997] Malone, T., Little, J., Clurman, W., Foley, T., Guttman, R., Kupres, K. (1997) "Electronic Commerce and Marketing on the Internet". MIT Sloan School of Management.
- [Mass & Shehory, 2001] Mass, Y. & Shehory, O. (2001) Distributed trust in open multi-agent systems. In R. Falcone, M. Singh, and Yao-Hua Tan, editors, Trust in Cyber-societies, pages 159–173. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2001.
- [Maturana et al., 1999] Maturana, F., Shen, W. & Norrie, D.H., 1999. MetaMorph: an adaptive agent-based architecture for intelligent manufacturing. International Journal of Production Research, 37(10), pp.2159-73.
- [Menasce, 2000] Menasce, D. (2000) A Reference Model For Designing An ECommerce Curriculum. IEEE Concurrency, Volume: 8 Issue 1, Pages: 82 -85.
- [Merlat, 1999] Merlat, W. (1999). "An Agent-Based Multiservice Negotiation for eCommerce". BT Technology Journal, pp. 168 – 175.
- [Minsky, 1986] M. Minsky; The Society of Mind; Simon and Schuster, 1986.
- [Mitsubishi, 1997] Mitsubishi Electric ITA, Concordia: an infrastructure for collaborating Mobile Agents, First International Workshop on Mobile Agents, 1997.

- [Molm et al., 2000] Molm, L., Takahashi, N. & Peterson, G. (2000) Risk and trust in social exchange: An experimental test of a classical proposition. *American Journal of Sociology*, 105:1396–1427
- [Moraes e Machado, 2006] Moraes, R.M., Machado, L.S.: On-line Training Evaluation in Virtual Reality Simulators using Fuzzy Bayes Rule. In: *Proc. 7th FLINS Conference*, Italy, pp. 791-798 (2006)
- [Mui et al., 2002] Mui, L., Mohtashemi, M. & Halberstadt A. (2002) A computational model of trust and reputation for e-business. In *35th Hawaii International Conference on System Science (HICSS 35 CDROM)*. IEEE Computer society (online publication), 2002.
- [Narayanan e Jennings, 2003] Narayanan, V. e Jennings, N. R. (2003). "An Adaptive Bilateral Negotiation Model for E-Commerce Settings". *E-Commerce Technology*, 2005. CEC 2005. Seventh IEEE International Conference on Volume , Issue , 19-22 July 2005 Page(s): 34 – 41
- [Newell et al., 1989] Newell, A., Rosenbloom, P. S. & Laird, J. E. (1989). *Symbolic Architectures for Cognition*. In *Foundations of Cognitive Science*, Posner, Editor. A Bradford Book. The MIT Press.
- [Nguyen e Jennings, 2004] Nguyen, Thuc Duong e Jennings, Nicholas R. (2004). "A heuristic model for concurrent bi-lateral negotiations in incomplete information settings". Department of Electronics and Computer Science, University of Southampton
- [Nwana et al., 1999] Nwana, H. S., Ndumu, D. T., Lee, L. C. and Collis, J. C. (1999), "ZEUS: A Toolkit for Building Distributed Multi-Agent Systems", *Applied Artificial Intelligence Journal*, 13 (1/2), pp. 129-185
- [Paprzycki e Ganzha, 2007] Paprzycki, Marcin e Ganzha, Maria (2007). "Adapting Price Negotiations to an E-commerce System Scenario". *cisim*, pp.380-386, 2007 6th International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management Applications, 2007.
- [Parsons et al., 1998] Parsons, S., Sierra, C. & Jennings, N. (1998). Agents that reason and negotiate by arguing. *Journal of Logic and Computation*, 19(3-4).
- [Parsons & Wooldridge, 2002] Parsons, Simon and Wooldridge, Michael. *Game Theory and Decision Theory in Multi-Agent Systems* (2002), *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Springer Netherlands, pp. 243-254

- [Paurobally, 2002] S. Paurobally. Rational Agents and the Processes and States of Negotiation. PhD thesis, Imperial College, 2002.
- [Peixoto, 2007] Peixoto, A. (2007) “Credibilidade e reputação em agentes inteligentes”. Tese submetida ao Departamento de Engenharia Informática do Instituto Superior de Engenharia do Porto para obtenção do grau de Licenciado em Engenharia Informática.
- [Poslad et al., 2002] Poslad, S., Calisti, M. & Charlton, P. (2002) Specifying standard security mechanisms in multi-agent systems. In Workshop on Deception, Fraud and Trust in Agent Societies, AAMAS 2002, Bologna, Italy, pages 122–127, 2002.
- [Prietula, 2000] Prietula, M. (2000) Advice, trust, and gossip among artificial agents. In A. Lomi and E. Larsen, editors, *Simulating Organisational Societies: Theories, Models and Ideas*. MIT Press
- [Priekh e Sundaresan, 2008] Nish Parikh and Neel Sundaresan. 2008. Scalable and near real-time burst detection from eCommerce queries. In *Proceeding of the 14th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining (KDD '08)*. ACM, New York, NY, USA, 972-980. (2008)
- [Pyadath & Tambe, 2002] Pynadath, D. & Tambe, M. (2002) Multiagent teamwork: Analyzing key teamwork theories and models. In C. Castelfranchi and L. Johnson, editors, *Proceedings of the first International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, volume 2, pages 873–880
- [Qianwei et al., 2003] Qianwei, H., Hongxu, M. & Hui, Z. (2003) “Collision-avoidance mechanism of multi agent system”, *Proceedings of 2003 IEEE International Conference on Robotics, Intelligent Systems and Signal Processing*, pp. 1036-1040 vol. 2
- [Rahwan & Moraitis, 2008] Rahwan, I. & Moraitis, P. (2008) “Argumentation in Multi-Agent Systems”, *Revised Selected and Invited Papers of the Fifth International Workshop, ArMAS 2008*, Estoril, Portugal.
- [Ramakrishnan & Dayal, 1998] Ramakrishnan, S. & Dayal, V. (1998) “The PointCast network”. *Proceedings of the 1998 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, pp. 520, Seattle, Washington, United States.
- [Ramos & Silva, 2006] Ramos, C. & Silva, A. (2006) *Sistemas baseados em agentes, sebenta da disciplina de Sistemas Baseados em Agentes*.

- [Rosenschein & Zlotkin, 1994] Rosenschein, J. & Zlotkin, G. (1994) Rules of Encounter. MIT Press, Cambridge, MA
- [Sabater & Sierra, 2002] Sabater, J. & Sierra, C. (2002) REGRET: a reputation model for gregarious societies. In C. Castelfranchi and L. Johnson, editors, Proceedings of the 1st International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, pages 475–482, 2002.
- [Sabater, 2004] Sabater, J. (2004) Evaluating The Regret System. Applied Artificial Intelligence 18(9-10): 797-813
- [Sabater & Sierra, 2005] Sabater, J. & Sierra, C. (2005) Review on computational trust and reputation models Artificial Intelligence Review ,24 (1) :33-60.
- [Sandholm, 1999] Sandholm, T. (1999). Distributed Rational Decision Making. In Weiss, G., editor, Multiagent Systems: A Modern Introduction to Distributed Artificial Intelligence, pp 201-258. MIT Press.
- [Schillo et al., 2000] Schillo, M., Funk, P. & Rovatsos, M. (2000) Using Trust for Detecting Deceitful Agents in Artificial Societies. Applied Artificial Intelligence (Special Issue on Trust, Deception and Fraud in Agent Societies)
- [Schmid, 1994] Schmid, B. (1994). Electronic Markets on Tourism. International Conference in Information and Communications Technologies in Tourism, Innsbruck, Austria.
- [Scott, 2000] Scott, J. (2000) Social Network Analysis. SAGE Publications
- [Sen & Dutta, 2002] Sen, S. & Dutta, P. (2002) The evolution and stability of cooperative traits. In C. Castelfranchi and L. Johnson, editors, Proceedings of the First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, volume 3, pages 1114–1120
- [Sen & Sajja, 2002] Sen, S. & Sajja, N. (2002) Robustness of Reputation-based Trust: Boolean Case. In: Proceedings of the First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS-02), Bologna, Italy. Pp. 288-293
- [Shen et al., 2001] Shen, W., Norrie, D.H. & Barthes, J.P.A., 2001. Multi-agent systems for concurrent intelligent design and manufacturing. London: Taylor & Francis.
- [Shi & Huang, 2008] Shi, B. & Huang, W., 2008. Modeling and Development of Multi-agent Traffic Control Experimental System Based on Petri Net. In International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation., 2008.

- [Silva e Rocha, 2003] Nuno Silva and João Rocha. Semantic Web Complex Ontology Mapping. In Proceedings of the 2003 IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence (WI '03). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 82-. (2003)
- [Silva, 2004] Nuno Silva, A. P. "Multi-Dimensional Service-Oriented Ontology Mapping". Tese de Doutorado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. (2004)
- [Silva e Rocha, 2005] Nuno Silva, João Rocha; Multi-Dimensional Service-Oriented Ontology Mapping, International Journal of Web Engineering and Technology, 2(1) 50–80, Inderscience, (2005)
- [Smith, 1980] Smith, R. (1980). The Contract Net Protocol: High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver. IEEE Trans. On Computers, 29(12).
- [Sousa & Morais, 1996] P. Sousa & J. Morais (1999) Análise de Tecnologias de Distribuição, relatório técnico, ISEP, 1999
- [Störr, 2002] Störr, H.-P.: A compact fuzzy extension of the Naive Bayesian classification algorithm. In: Proceedings InTech/VJFuzzy, pp. 172-177 (2002).
- [Trastour et al., 2002] Trastour, David, Bartolini, Claudio, Preist, Chris (2002). "Semantic Web Support for the Business-to-Business E-Commerce Lifecycle". Trusted E-Services Laboratory, Trusted E-Services Laboratory - HP Laboratories Bristol.
- [Tsvetovatyy et al., 1997] Tsvetovatyy, M., Gini, M., Mobasher, B., Wieckowski, Z. (1997). MAGMA: An Agent-Based Virtual Market for Electronic Commerce. Journal of Applied Artificial Intelligence, special issue on Intelligent Agents, 11(6).
- [Varian, 1980] Varian, H. (1980). A Model of Sales. American Economic Review, Papers and Proceedings, 70(4), pp 651-659.
- [Viamonte, 2004] Viamonte, M. J. (2004). "Mercados Electrónicos Baseados em Agentes – Uma Abordagem Orientada ao Conhecimento Considerando Estratégias Dinâmicas". Tese submetida à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro Para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Electrotécnica e de Computadores.
- [Viamonte et al., 2006] Viamonte, M. J., Ramos, C., Rodrigues, F. e Cardoso J. C. (2006). "ISEM: A Multiagent Simulator for Testing Agent Market Strategies". IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART C: APPLICATIONS AND REVIEWS, VOL. 36, NO. 1, JANUARY 2006

- [von Neuman & Morgenstern, 1944] von Neuman, J. & Morgenstern, O. (1944) *The Theory of Games and Economic Behaviour*. Princeton University Press, Princeton NJ, USA
- [Wang et al., 2002] Wang, W., Hidvégi, Z. & Whinston, A. B. (2002) "Binary Multi-unit Auction against Buyer False-name Bidding".
- [Wasson et al., 2001] Wasson, G., Gunderson, J., Graves, S. & Felder, R. (2001) "An assistive robotic agent for pedestrian mobility", *Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents*, pp. 169-173, Montreal, Quebec, Canada
- [Witkowski et al., 2001] Witkowski, M., Artikis, A. & Pitt, J. (2001) Experiments in building experiential trust in a society of objective-trust based agents. In R. Falcone, M. Singh, and Yao-Hua Tan, editors, *Trust in Cyber-societies*, pages 111–132. Springer- Verlag, Berlin Heidelberg, 2001.
- [Wooldridge, 2002] Wooldridge, M. (2002) *An introduction to multiagent systems*. New York: John Wiley & Sons
- [Wu e Sun, 2001] Wu, D. & Sun Y. (2001) The emergence of trust in multi-agent bidding: A computational approach. In *Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-34, CD ROM)*, volume 1. IEEE Computer Society Press
- [Wu, 2006] sien-Chung Wu, Fuzzy Bayesian system reliability assessment based on exponential distribution, *Applied Mathematical Modelling*, Volume 30, Issue 6, June 2006, Pages 509-530, ISSN 0307-904X, (2006)
- [Wurman et al., 1998] Wurman, P., Wellman, M. & Walsh, W. (1998). The Michigan Internet AuctionBot: A configurable auction server for human and software agents. In *Second International Conference on Autonomous Agents*, pp 301-308.
- [Yamagishi et al., 1998] Yamagishi, T., Cook, K. & Watabe, M. (1998) Uncertainty, trust, and commitment formation in the united states and japan. *American Journal of Sociology*, pages 104:165–94
- [Yan et al., 2003] Yan, Z., Fong, S. & Meilin S. (2003) "Negotiation paradigms for e-commerce agents using knowledge beads methodology". *Cyberworlds, 2003. Proceedings 2003 International Conference on* Volume , Issue , 3-5 Dec. 2003 Page(s): 279 – 286.
- [Yearwood & Stranieri, 2000] Yearwood, J. & Stranieri, A. (2000). "Knowledge as Arguments for Facilitating E-commerce Dialogue". *School of Information Technology and Mathematical Sciences*

- [Yuying et. al, 2007] Yuying, Wu, Jinxuan, Lu and Feng, Yan: A Fuzzy Negotiation Model Based on Bayesian Learning. In: Management of Engineering and Technology, Portland International Center for, Portland, pp. 1239 - 1247 (2007)
- [Zacharia, 1999] Zacharia, G. (1999) Collaborative Reputation Mechanisms for Online Communities. Marter's thesis, Massachusetts Institute of Technology
- [Zadeh, 1965] Zadeh, L. (1965) Fuzzy sets. Information and Control, 1965.
- [Zadeh, 1975] Zadeh, L. (1975) Fuzzy logic and approximate reasoning. Synthese, 1975.
- [Zhang & Qiu, 2005] Zhang, H. & Qiu, Y. (2005). "Agent-based Negotiation in E-commerce: State of the Art". Faculty of Computer and Information Science – IEEE pp. 233-238.
- [Zhang et al., 1996] Zhang, T., Ramakrishnon, R. & Livny, M. (1996). "BIRCH: An Efficient Data Clustering Method for Very Large Databases". Proceedings of the ACM SIGMOD Conference on Management of Data, pp. 103-114, Montreal, Canada.
- [Zhang et al., 2009] Zhang, T., Yu, F. & Li, W., 2009. Step-coordination algorithm of traffic control based on multi-agent system. International Journal of Automation and Computing, 6(3), pp.308-13.

Referências URL

[AXELROD TOURNAMENT, 2006]

<http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/demos/axelrod/axelrodt.htm>

[DEEPSIA, 2000] [http://www.ist-](http://www.ist-world.org/ProjectDetails.aspx?ProjectId=eb5b46b3e3c7462aa9deb932e67f064e)

[world.org/ProjectDetails.aspx?ProjectId=eb5b46b3e3c7462aa9deb932e67f064e](http://www.ist-world.org/ProjectDetails.aspx?ProjectId=eb5b46b3e3c7462aa9deb932e67f064e)

[E-COMMERCE – HISTORY, FUNDAMENTALS AND TRENDS SIMPLIFIED, 2009]

<http://www.articlesbase.com/ecommerce-articles/ecommerce-history-fundamentals-and-trends-simplified-787147.html>

[HISTORY OF ECOMMERCE, 2007] [http://www.netecommerce.net/history-of-](http://www.netecommerce.net/history-of-ecommerce.html)

[ecommerce.html](http://www.netecommerce.net/history-of-ecommerce.html)

[HISTORY OF ECOMMERCE, 2008] [http://www.ecommerce-](http://www.ecommerce-land.com/history_ecommerce.html)

[land.com/history_ecommerce.html](http://www.ecommerce-land.com/history_ecommerce.html)

[Java, 2010] – The Source for Java Developers. <http://java.sun.com/>

[KIF, 2010] – KIF: The Knowledge Interchange Format. <http://logic.stanford.edu/kif/>

[Netbeans, 2010] <http://netbeans.org/>

[OAA, 2010] Open Agent Architecture. <http://www.ai.sri.com/~oaa/>

[ODYSSEY, 1996] Odyssey at General Magic Inc., <http://www.genmagic.com/agents/>

[OXFORD, 2009] http://www.askoxford.com/concise_oed/orexxputation?view=uk

[TURING, 2003] The turing test page, <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/~asaygin/tt/ttest.html>